

Erscheinungsformen der Fließfertigung

von

Hans Reiners

aus

Stuttgart

1968



Digitized by the Internet Archive
in 2026

Erscheinungsformen der Fließfertigung

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung des akademischen Grades

eines Doktors der Wirtschafts- und Sozialwissenschaften

(Dr. rer. pol.)

an der Wirtschafts- und Sozialwissenschaftlichen Fakultät

der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg

vorgelegt

von

Dipl.-Kfm. Hans Reiners

aus

Stuttgart

Entstehungsformen der Fäulnis



Leidener Universiteitsbibliotheek
in de afdeling der natuurwetenschappen
van de Universiteit van Leiden
(Bibl. nat.)
in de afdeling der natuurwetenschappen
van de Universiteit van Leiden

Referent: Professor Dr. Dr. h.c. Erich Schäfer

Korreferent: Professor Dr. Hanns Linhardt

Tag der mündlichen Prüfung: 24. Juli 1968

V o r w o r t

Die Industriebetriebslehre beschäftigt sich mit einem sehr differenzierten Erfahrungsobjekt. Sollen dennoch brauchbare Aussagen über ökonomisch relevante Probleme gemacht werden, muß man den spezifischen Besonderheiten industrieller Unternehmungen Rechnung tragen. Zu diesem Zweck ist eine ganze Reihe von verschiedenartigen Merkmalen entwickelt worden, mit deren Hilfe es möglich ist, industrielle Verhältnisse im einzelnen zu beleuchten. Eines dieser Merkmale ist das Fertigungssystem, das in verschiedenen Ausprägungen auftritt, von denen eine die Fließfertigung darstellt. Wie viele Merkmalsausprägungen, so tritt die Fließfertigung nicht nur in reiner Form sondern auch in Misch- oder Kombinationsformen auf. Die literarische Behandlung der Fließfertigung beschränkt sich im wesentlichen auf die Darstellung der reinen Form der Fließfertigung, während die Mischformen bisher kaum einen literarischen Niederschlag gefunden haben. Die vorliegende Arbeit unternimmt daher den Versuch, die Vielzahl der Erscheinungsformen der Fließfertigung einmal aufzuzeigen.

Wesentliche Anregungen für die Bearbeitung dieses Themas verdanke ich meinem verehrten akademischen Lehrer, Herrn Professor Dr. Dr. h.c. Erich Schäfer, der darüber hinaus wertvolle Hinweise und Ratschläge für die Bearbeitung des Themas gegeben hat. Dafür möchte ich ihm an dieser Stelle meinen herzlichen Dank sagen.

Mein Dank gilt auch zahlreichen Firmen, die mir eine Berücksichtigung ihrer Betriebe ermöglichten und so wesentliche Anregungen für diese Arbeit gaben.

Nürnberg, im Februar 1968

G l i e d e r u n g

=====

Seite

1. Kapitel: Einführung	1
A) Die Geschichte der Fließfertigung	1
I. Einleitung	1
II. Fließfertigung von 1650 bis 1880	1
III. Fließfertigung von 1880 bis 1921	14
IV. Tendenzen der Weiterentwicklung seit den 20er Jahren	24
B) Die Fließfertigung und ihre Erscheinungsfor- men in der Literatur	28
C) Problemstellung und Gang der Untersuchung . .	35
2. Kapitel: <u>Merkmale zur Charakterisierung von</u> .	
<u>Industriebetrieben</u>	39
A) Einleitung	39
B) Allgemeine Merkmale der technisch-ökonomi- schen Struktur des Industriebetriebes	40
I. Die vorherrschende Technologie	40
II. Art der Stoffverwertung	43
III. Grad der Verwirklichung des Massenprin- zips	44
C) Das Fertigungssystem als Merkmal des Ferti- gungsaufbaus	47
I. Der Begriff Fertigungssystem	47
II. Fertigungssysteme ohne Fortschreiten des Produkts	49
1. Die Werkbankfertigung	49
2. Die Baustellenfertigung	50
3. Die anlagenzentrierte Fertigung . . .	51
III. Fertigungssysteme mit Fortschreiten des Produkts	53
1. Die Werkstattfertigung	53
2. Anmerkungen zum Begriff Gruppenfer- tigung	59
3. Die Fließfertigung im besonderen . .	62
a) Begriffliches zur Fließfertigung .	62
b) Abgrenzungen zur Fließfertigung .	66
c) Das Wesen der Fließfertigung . . .	70
d) Die Vor- und Nachteile der Fließ- fertigung	72

3. Kapitel: <u>Merkmale zur Charakterisierung der</u> <u>Erscheinungsformen der Fließferti-</u> <u>gung</u>	77
A) Merkmale der Träger der Fertigung	77
I. Einleitung	77
II. Der Mensch als Träger der Fertigung	77
1. Vorbemerkung	77
2. Grade der Universalität der menschli- chen Arbeitskraft	78
III. Das Produktionsmittel als Träger der Ferti- gung	80
1. Eigenarten der Produktion bei mechani- schen und chemischen Verfahren	80
2. Der Grad der Mechanisierung des Produk- tionsmittels	84
a) Der Begriff Mechanisierung	84
b) Grade der Mechanisierung des Produk- tionsmittels	85
c) Anmerkungen zum Auftreten der Mecha- niesierungsgrade bei Produktionsmit- teln der verschiedenen Technologien	89
3. Der Grad der Spezialisierung des Pro- duktionsmittels	93
a) Der Begriff der Spezialisierung	93
b) Grade der Spezialisierung des Pro- duktionsmittels	95
c) Anmerkungen zum Auftreten der Spezia- lisierungsgrade bei Produktionsmit- teln der verschiedenen Technologien	99
B) Merkmale des Ablaufs der Fertigung	106
I. Die räumliche Bindung des Ablaufs	106
1. Fertigungsvorgänge und Transportvor- gänge als die beiden Komponenten des Ablaufs in räumlicher Hinsicht	106
2. Die Arten der Fertigungsfolge und die Arten der Verknüpfung als Faktoren der räumlichen Bindung des Ablaufs	107
a) Die Arten der Fertigungsfolge	107
b) Die Arten der Verknüpfung	110
c) Die Arten der räumlichen Bindung des Ablaufs	114

3.	Anmerkungen zu den Aufgaben des Transportmittels bei den verschiedenen Arten der räumlichen Bindung des Ablaufs	115
4.	Die Richtung und der Weg des räumlichen Ablaufs	117
III.	Die zeitliche Bindung des Ablaufs . . .	118
1.	Die Arten der zeitlichen Bindung des Ablaufs	118
2.	Die zeitliche Abstimmung der Fertigungsvorgänge bei den verschiedenen Arten der zeitlichen Bindung des Ablaufs	121
3.	Das Entstehen von Zwischenlagern bei den verschiedenen Arten der zeitlichen Bindung des Ablaufs und ihre Ursachen	130
IV.	Die Unterbrechbarkeit des Ablaufs . . .	130
1.	Der Begriff Unterbrechbarkeit	130
2.	Die Arten der Unterbrechbarkeit des Ablaufs	131
4.	Kapitel: <u>Erscheinungsformen der Fließfertigung</u>	140
a)	Die Unterscheidung in natürlich bedingte und künstlich herbeigeführte Fließfertigung . . .	140
I.	Die Begriffe natürlich bedingte und künstlich herbeigeführte Fließfertigung	140
II.	Die Gründe einer natürlich bedingten oder künstlich herbeigeführten Fließfertigung	142
1.	Ablaufbedingte Gründe	142
2.	Produktbedingte Gründe	145
III.	Voraussetzungen der künstlich herbeigeführten und natürlich bedingten Fließfertigung	147
1.	Voraussetzungen der künstlich herbeigeführten Fließfertigung	148
a)	Voraussetzungen, die vom Absatzmarkt zu erfüllen sind	148
b)	Voraussetzungen, die vom Produkt zu erfüllen sind	153
c)	Betriebliche Voraussetzungen . . .	155

	Seite
2. Voraussetzungen der natürlich be- dingten Fließfertigung	158
a) Voraussetzungen, die vom Absatz- markt zu erfüllen sind	158
b) Voraussetzungen, die vom Produkt zu erfüllen sind	158
c) Betriebliche Voraussetzungen	159
B) Erscheinungsformen der künstlich herbeige- führten Fließfertigung	160
I. Vorbemerkung	160
II. Die Anordnung der Werkstätten nach dem Fertigungsfluß	165
1. Die allgemeinen Grundlagen der Anord- nung der Werkstätten nach dem Ferti- gungsfluß	165
2. Praktische Beispiele einer Anord- nung der Werkstätten nach dem Ferti- gungsfluß	168
a) Anordnung der Werkstätten nach dem Fertigungsfluß bei mittlerer - Anlagenhäufigkeit	168
b) Anordnung der Werkstätten nach dem Fertigungsfluß bei kleiner Anla- genhäufigkeit	172
c) Anordnung der Werkstätten nach dem Fertigungsfluß ohne Anlagen- häufigkeit	174
3. Die Anordnung der Werkstätten nach dem Fertigungsfluß - eine Fertigungs- anordnung mit stark überwiegenden Ele- menten der Werkstattfertigung	176
III. Fertigungswege mit flexibler Verknüpfung	177
1. Allgemeine Grundlagen des Fertigungs- weges mit flexibler Verknüpfung	177
2. Praktische Beispiele für einen Ferti- gungsweg mit flexibler Verknüpfung	178
a) Fertigungsweg mit flexibler Ver- knüpfung und Anlagenhäufigkeit	178
b) Fertigungsweg mit flexibler Ver- knüpfung ohne Anlagenhäufigkeit	183
3. Der Fertigungsweg mit flexibler Ver- knüpfung - eine Fertigungsanordnung mit leicht überwiegenden Elementen der Werkstattfertigung	188

IV. Die mobile Fließfertigung	190
1. Allgemeine Grundlagen der mobilen Fließfertigung	190
2. Beispiele für eine mobile Fließfertigung	191
3. Die mobile Fließfertigung - eine Fertigungsanordnung mit stark überwiegenden Elementen der Fließfertigung	
V. Der offene Fließweg	196
1. Allgemeine Grundlagen des offenen Fließweges	196
2. Beispiele für einen offenen Fließweg	197
3. Der offene Fließweg - eine räumliche und zeitlich lockere Form der Fließfertigung	200
VI. Die geschlossene Fließreihe	201
1. Allgemeine Grundlagen der geschlossenen Fließreihe	201
2. Beispiele für geschlossene Fließreihen	204
a) Der geschlossene Fließweg	204
aa) Die manuelle Fließfertigung	204
bb) Die maschinelle Fließfertigung	206
(1) Der bedienungsabhängige Fließweg	206
(2) Der selbsttätige Fließweg	208
cc) Der geschlossene Fließweg - eine zeitlich lockere Form der Fließfertigung	208
b) Die Fließstraße	209
aa) Die manuelle Fließfertigung	209
bb) Die maschinelle Fließfertigung	209
(1) Die bedienungsabhängige Fließstraße	209
(2) Die selbsttätige Fließstraße	211
cc) Die Fließstraße - die strenge Form der Fließfertigung	215
VII. Abschließende Bemerkungen zu den Erscheinungsformen der künstlich herbeigeführten Fließfertigung	216
c) Die Erscheinungsformen der natürlich bedingten Fließfertigung	217
I. Vorbemerkung	217

	Seite
II. Der offene Fließweg	218
1. Allgemeine Grundlagen des offenen Fließweges	218
2. Beispiele eines offenen Fließweges	219
3. Der offene Fließweg - eine räumlich lockere Form der Fließfertigung	224
III. Die geschlossene Fließreihe	224
1. Allgemeine Grundlagen der geschlossenen Fließreihe	224
2. Beispiele für geschlossene Fließreihen	226
a) Fließreihe mit nicht beliebig unterbrechbarem Fertigungsablauf	226
b) Geschlossener Fließweg mit periodisch-permanenter Fertigung	229
c) Fließstraße mit konstant-permanenter Fertigung	232
IV. Abschließende Bemerkungen zu den Erscheinungsformen der natürlich bedingten Fließfertigung	235
D) Schlußbemerkungen zu den Erscheinungsformen der künstlich herbeigeführten und natürlich bedingten Fließfertigung	236
I. Die Fertigungsanordnung entlang der Transportbahn des Materials als gemeinsames Prinzip der Erscheinungsformen der Fließfertigung	236
II. Die "zwangsläufige Fließfertigung" - die "schwach manipulierbare Fließfertigung" - die "erheblich manipulierbare Fließfertigung" - drei Grundformen der Fließfertigung	238
5. Kapitel: <u>Die Reichweite der Fließfertigung</u>	242
I. Vorbemerkung	242
II. Die vertikale Reichweite der Fließfertigung	244
1. Die partielle vertikale Reichweite	244
a) Die Fließinsel	244

	Seite
b) Einphasige Reichweite	245
c) Zweiphasige Reichweite , ...	247
2. Totale vertikale Reichweite	248
3. Die Formen der vertikalen Verbunden- heit von Produktionssträngen	250
a) Vorbemerkungen	250
b) Das unverzweigte Strangbild	251
c) Das konvergierende Strangbild . . .	252
d) Das divergierende Strangbild . . .	255
e) Das verflochtene Strangbild	256
III. Die horizontale Reichweite der Fließfer- tigung	257
1. Partielle horizontale Reichweite der- Fließfertigung	257
2. Totale horizontale Reichweite	259
a) Vorbemerkung	259
b) Mehrstrangfertigung ohne Verknü- pfung	259
c) Mehrstrangfertigung mit Verknü- pfung	261
IV. Die Reichweite der Fließfertigung in ei- nem Betrieb - das Ergebnis aus vertika- ler und horizontaler Reichweite	265
6. Kapitel: <u>Schlußbetrachtung</u>	267
A) Zusammenfassung	267

1. Kapitel: Einführung

A) Die Geschichte der Fließfertigung

I. Einleitung

Der Beginn der Fließfertigung läßt sich nicht genau feststellen, er wird häufig angesetzt mit dem Jahre 1913, als Henry Ford die Fließfertigung in seiner Automobilfabrik einführte.¹⁾ Es ist zwar richtig, daß die Fließfertigung von diesem Zeitpunkt ab eine allgemeine Verbreitung gefunden hat, ihre Entstehung reicht jedoch zeitlich weiter zurück.²⁾

II. Fließfertigung von 1650 bis 1880

In der zweiten Hälfte des 17. Jahrhunderts entstand neben dem Handwerksbetrieb als weitere Betriebsform die Manufaktur.³⁾ Wir verstehen darunter einen gewerblichen Großbetrieb, bei dem wesentliche Teile des Produktionsprozesses in Handarbeit ausgeführt werden.⁴⁾ Charakteristisch ist weiterhin, daß die Arbeitskräfte in Betriebs-

1) Vgl. Sokol, G.: Fließarbeit. In: Hütte, Taschenbuch für Betriebsingenieure, Bd. III, 6. Aufl., Berlin - München 1965, S. 978 - 1000, S. 978

2) Vgl. zum Begriff Fließfertigung die Ausführungen auf S. 62 ff

3) Vgl. Michel, E.: Sozialgeschichte der industriellen Arbeitswelt, 3. Aufl., Frankfurt a.M. 1953, S. 54

4) Vgl. Mauersberg, E.: Deutsche Industrien im Zeite-schehen eines Jahrhunderts, Stuttgart 1966, S. 24. Der Begriff Manufaktur wurde nicht immer einheitlich verwendet; s. dazu Lütge, F.: Deutsche Sozial- und Wirtschaftsgeschichte, 3. Aufl., Berlin - Heidelberg - New York 1966, S. 366

räumen zentral zusammengefaßt sind. Damit wurde erstmals der Grundsatz der völligen Trennung von Wohnsitz und Arbeitsplatz verwirklicht.¹⁾

In der Literatur finden wir nun teilweise die Auffassung, daß die Fließfertigung in den Manufakturen ihren Ausgangspunkt hat. So schreibt Schmalenbach: "In der Zeit der Manufakturen, als noch wenige Maschinen gebraucht wurden und die Kraftmaschinen noch nicht das Feld beherrschten, war die Fließarbeit die gegebene Form ..., der Fertigungsgang im Betrieb wurde ausschließlich durch das Objekt der Arbeit, die Ware bestimmt. " ²⁾ Die gleiche Auffassung finden wir bei Kuhnert: Die Arbeiter standen "in den Manufakturen während des Arbeitsprozesses ... nebeneinander und gaben das Werkstück nach dem Vollzuge der Teilverrichtung an den nächsten, nebenstehenden Arbeiter weiter und so fort. Es bestand hier also bereits ein ausgeprägter Fließprozeß."³⁾

Wir wollen im folgenden prüfen, ob und inwieweit diese Ansicht zu vertreten ist.

Die Manufaktur entstand dadurch, daß mehrere Handwerksbetriebe, die nur einzelne Aufgaben innerhalb des gesamten Fertigungsablaufs für ein Produkt ausführten, zusammengefaßt und miteinander zu einem geschlossenen Ganzen verbunden wurden.⁴⁾ In Bezug auf die Produktionsweise unter-

1) Vgl. Wernet, W.: Handwerks- und Industriegeschichte, Stuttgart 1963, S. 21

2) Schmalenbach, E.: Neue Aufgaben der Betriebswirtschaftslehre. In: Betriebswirtschaftliche Beiträge, Bremen - Hamburg - Hannover 1948, S. 3 - 8, S. 7; vgl. auch den Bericht von G. Plum über einen Vortrag von E. Schmalenbach während einer Fließarbeitstagung in Köln 1926. In: ZfB, 3. Jg. (1926), S. 878 - 883, S. 881 f.

3) Kuhnert, H.: Der Prozeß der Automatisierung und Mechanisierung und seine Einwirkung auf den schaffenden Menschen, Leipzig 1935, S. 41. Über das Prinzip der Anordnung der Arbeitsplätze in den Manufakturen finden sich in den zahlreichen Veröffentlichungen, die im 18. Jahrhundert erschienen, keine näheren Angaben. Vgl. z.B. Marperger, P.J.: Das Neu-Eröffnete Manufacturen-Hauß, Hamburg 1704; von Justi, H.G.: Vollständige Abhandlung von den Manufacturen und Fabriken, Kopenhagen 1758

4) Vgl. Cunow, H.: Allgemeine Wirtschaftsgeschichte, 3. Bd., Berlin 1929, S. 235

schied sich die Manufaktur in ihren Anfängen vom handwerklichen Betrieb nur durch die größere Zahl der gleichzeitig beschäftigten Arbeiter, nicht aber durch die Zuordnung der einzelnen Arbeitsstellen zueinander.¹⁾

Die einzelnen Arbeitsplätze waren nach dem Prinzip der Werkbankfertigung angeordnet. Bald darauf ging man von dieser Ordnung ab und begann mit einer weiteren Zerlegung der Arbeit. Die verschiedenen Operationen, die sonst von einem Arbeiter allein zeitlich nacheinander ausgeführt wurden, wurden aufgelöst und jeweils verschiedenen Arbeitern zugewiesen.²⁾

Nach Sombart können wir zunächst zwei Arten von Manufakturen unterscheiden; die er als "Einzelbetrieb" und "zusammengesetzte Betriebe" bezeichnet.³⁾ Einzelbetriebe sind jene Manufakturen, "die kein größeres Arbeitsgebiet umfassen, als es ein selbstständiges Handwerk umfaßt hatte."⁴⁾ Beispiele sind die Buch-, Zeug- und Tapeten-druckerei, die Stecknadel- und Tabakmanufaktur sowie die Segel-, Tau- und Hutmacherei.⁵⁾

Wir wollen als Beispiel aus dieser Gruppe eine Zeugdruckerei untersuchen und prüfen, welches Fertigungssystem dort verwirklicht war. "Zu einer Kattundruckerei gehörten: 1. das Druckereigebäude mit den Drucktischen, an denen die einzelnen Arbeiter individuelle Handarbeiten verrichteten, 2. eine Tischler- und Formstecherwerkstatt, 3. ein Farbhaus mit kupfernem Färbekessel, 4. ein Bleichplatz, 5. ein Trockenhaus."⁶⁾ Wenn wir uns den Ablauf in

1) Vgl. Marx, K.: Das Kapital, Erster Band, Buch I: Der Produktionsprozeß des Kapitals, 6. Aufl., Berlin 1955 S. 337

2) Vgl. ebenda, S. 353; Der Begriff Werkbankfertigung wird auf S. 49 erläutert.

3) Vgl. Sombart, W.: Der moderne Kapitalismus, Zweiter Band, Zweiter Halbband: Das europäische Wirtschaftsleben im Zeitalter des Frühkapitalismus. München und Leipzig 1928, S. 759

4) Sombart, W.: a.a.O., S. 759

5) Vgl. ebenda, S. 759 ff.

6) Ebenda, S. 762

einer Zeugdruckerei vor Augen halten, so glauben wir aus diesen Angaben schließen zu können, daß es sich im Prinzip um eine Werkstattfertigung handelt, da gleiche Verfahren jeweils räumlich zusammengefaßt sind. Es ist möglich, daß die einzelnen Abteilungen entsprechend der Aufeinanderfolge der Verfahren räumlich nacheinander angeordnet waren, wie es sich aus dem Fertigungsablauf der hergestellten Erzeugnisse bei diesem Betrieb fast von selbst ergibt.

Der Fertigungsablauf in einer Tapetendruckerei erfolgt im Prinzip ähnlich wie in einer Zeugdruckerei.¹⁾ und es ist wahrscheinlich, daß auch in den übrigen Fällen im wesentlichen das Prinzip der Werkstattfertigung verwirklicht war.

Zu den Einzelbetrieben bei den Manufakturen zählt auch die Stecknadelmanufaktur. Sie gilt als klassisches Beispiel für eine der ersten Anwendungen des Prinzips der Fließfertigung bei der Anordnung der Arbeitsplätze. Es ist zu untersuchen, ob diese Ansicht zu Recht besteht. Wir gehen aus von einem Kupferstich, der die Räume und beschäftigten Arbeiter einer Stecknadelmanufaktur zeigt.²⁾ Die Herstellung der Nadeln zerfällt in mehrere Verrichtungen, die jeweils von verschiedenen Arbeitern durchgeführt werden. Sie beginnt mit dem Reinigen des Messingdrahtes, hierauf folgt das Richten und Zuschneiden, dann das Zuspitzen und Polieren der Schäfte. Nach der Herstellung der Nadelköpfe werden diese auf die Nadeln aufgesetzt. Es

1) Vgl. Sombart, W.: a.a.O., S. 764. Vgl. zum Begriff der Werkstattfertigung S. 53 ff.

2) Der Kupferstich (aus dem Jahre 1762 stammt von:

Réaumur, L'art de l'épinglier. In: Descriptions des arts et métiers. Paris 1762, Taf. 2/3, abgebildet bei: Klemm, F.: Technik, eine Geschichte ihrer Probleme, Freiburg - München 1954, S. 241. Vgl. auch die Schilderung von J.R. Perronnet bei Klemm, F.: a.a.O., S. 245 ff, sowie Pentzlin, K.: Rationale Produktion, 2. Aufl., a.a.O., S. 128 f.; Jahn, G.: Die Entstehung der Fabrik. In: Schmollers Jahrbuch für Gesetzgebung, Verwaltung und Volkswirtschaft, 69. Jg. (1949), 1. Halbband, S. 89 - 116, 2. Halbband S. 65 - 100, S. 71 ff.

fällt auf, daß für jede Verrichtung jeweils nur ein Arbeiter vorhanden ist, d.h. die Arbeit, die früher von dem Nadler von Anfang bis Ende allein durchgeführt wurde, wird in der Stecknadelmanufaktur auf (in unserem Beispiel) 13 Personen verteilt, von denen jeder nur einen Teilabschnitt ausführt.

Es läßt sich zwar sagen, daß die einzelnen Arbeitsplätze nach dem Prinzip der Fließfertigung angeordnet sind. Aber wir können hier kaum von einem Fertigungssystem sprechen, d.h. einer bewußten Anordnung nach diesem Prinzip, denn sie ergibt sich ohne weiteres auf Grund der Zerlegung in Teilarbeiten, für die jeweils nur eine Arbeitskraft vorhanden ist. Wenn wir die Abbildung näher betrachten, sehen wir neben den Arbeitern jeweils größere runde Schalen stehen, in denen - wie wir meinen - die bearbeiteten Stücke gesammelt wurden, d.h. ihre Weitergabe erfolgte nicht einzeln, sondern erst dann, wenn sich eine größere Menge angesammelt hatte. Es wurden also recht erhebliche Zwischenlager gebildet.

"War durch die Arbeitsteilung die einzelne Teilarbeit beschleunigt werden, so fehlte ... eine organische Verbindung der einzelnen Arbeitsplätze untereinander."¹⁾ Wir kommen zu dem Ergebnis, daß das Prinzip der Fließfertigung hier bereits verwirklicht war. Wenn wir nach der Erscheinungsform der Fließfertigung fragen, müssen wir aber feststellen, daß auch Elemente der Werkstattfertigung vorhanden sind, vor allem die Zwischenlagerbildung nach jedem Arbeitsplatz, die zu einer Verlängerung der Durchlaufzeit führt. Eine Abhängigkeit zwischen den Arbeitern bestand nicht. Es handelt sich bei dem Fertigungssystem um eine Kombination von Prinzipien der Werkstatt- und Fließfertigung. Die Behauptung, daß die Stecknadelmanufaktur das erste Beispiel für die Anwendung des Prinzips

1) Hilf, H.: Arbeitswissenschaft, München 1957,
S. 50

der Fließfertigung darstellt, stimmt somit nur teilweise.

Neben den Einzelbetrieben finden wir die "zusammengesetzten Betriebe. Es sind Manufakturen; in denen mehrere früher selbständig ausgeübte Verrichtungen unter einheitlicher Leitung zusammengefaßt werden."¹⁾ Hierzu zählt vor allem die Textilindustrie, so die Tuchmanufaktur und die Weberei. Bei Sombart finden wir die Schilderung einer Wolldeckenweberei, die wir als Beispiel heranziehen wollen.

"Die Manufaktur stellt ein großes Gebäudeviereck dar, das einen Hof umschließt. Die einzelnen Gebäude (Werkstätten) sind folgende: 1. Spinnhaus, 2. Walkmühle, 3. Saal der Kammsetzer (Anfertigung der Kämme), 4. Wollmagazin: Abwägen der Wolle ... Sortieren, 5. Wollwaschen und Wolltrocknen im Hofe, 6. Saal zur Lockerung und Reinigung der Wolle, 7. Melirers Stube: Mischung, 8. Spinnstube: Spinnerinnen an Rädern, daneben aber arbeiten viel mehr Hausspinner, 9. Spulsaal ..., 10. Wirk-, Webstube, 11. Appretur: Walken, Noppen, Färben, Rauhen, Scheren, Pressen: je in besonderer Werkstätte!"²⁾ Auch aus diesen Angaben glauben wir ablesen zu können, daß hier eine Gruppierung der Arbeitsplätze und der Produktionsmittel nach jeweils gleichem Verfahren vorliegt, wobei die einzelnen Abteilungen vielleicht entsprechend der Aufeinanderfolge der Verfahren angeordnet sind. Es ist möglich, daß innerhalb einiger Werkstätten die verschiedenen Verfahren jeweils nur von einem Arbeiter bzw. einem Produktionsmittel ausgeführt werden, so daß wir ähnliche Verhältnisse wie in der Stecknadelmanufaktur vor uns haben. Ein Beispiel dafür könnte die Walkmühle sein.³⁾

1) Vgl. Sombart, W.: a.a.O., S. 766

2) Sombart, W.: a.a.O., S. 770 f., vgl. auch die Angaben über eine Tuchmanufaktur auf S. 768

3) Vgl. die Abbildung einer Walkmühle bei Klemm, F.: a.a.O., S. 224

Außer in der Textilindustrie finden wir diese Art der Manufaktur im allgemeinen Baugewerbe, im Schiffsbau sowie bei der Herstellung von Kunstmöbeln und Kutschen. Bei Sombart finden wir die Beschreibung einer Kutschenmanufaktur, die als weiteres Beispiel herangezogen werden soll. "Die Fabrik ist ganz im großen angelegt und hat einen ausgedehnten Umfang. Zu jeder Arbeit sind eigene Stellen und Gemächer vorhanden. Es wird darin alles von den rohen Materialien an bis zur Vollendung des Wagens verarbeitet. Ein jeder Arbeiter hat sein eigenes, ihm angewiesenes Geschäft."¹⁾ Auf Grund dieser Angaben können wir schließen, daß die Arbeitsplätze nach dem Prinzip der Werkstattfertigung angeordnet waren, oder daß möglicherweise Werkbankfertigung bestand. Dies läßt sich aus der Beschreibung nicht deutlich erkennen. In jedem Fall ist eine Fließfertigung nicht festzustellen. Dies gilt auch für die Kunstmöbelmanufakturen, in denen im Prinzip wie in den Kutschenmanufakturen gearbeitet wurde.

Sombart kennt schließlich als weitere Form der Manufaktur die "gemischten Betriebe". Dort entstehen die Erzeugnisse durch die Vereinigung kunstvoller Handarbeit mit maschinell durchgeführten Prozessen. Beispiele sind die Herstellung von Porzellan und Steingut, die Glas- und Spiegelmanufakturen sowie die Lederfabriken.²⁾ Wir wollen den Ablauf in einer Porzellanmanufaktur untersuchen, um zu prüfen, ob hier eine Fließfertigung vorhanden war. "Die Herstellung des Porzellans umfaßt vier unterschiedliche Teilprozesse der Produktion. 1. die Herrichtung des Materials, 2. die Formgebung, 3. den Brennprozeß, 4. die Farbgebung. Von diesen Teilprozessen sind ... zwei (1. und 3.) vollständig gesellschaftlich organisiert, zwei (2.

1) Nemnick: Tagebuch einer dem Kulturstudium gewidmeten Reise, 1809, S. 175, zit. bei Sombart, W.: a.a.O., S. 782; vgl. dazu Marx, K.: a.a.O. 382

2) Vgl. Sombart, W.: a.a. O., S. 794 f.

und 4.) fast überall der Individualarbeit vorbehalten. Eine Reihe mächtiger Maschinen hilft das Rohmaterial für die Porzellanbereitung zerkleinern, das dann wiederum auf maschinelle Weise in riesigen Mischkesseln die rechte Zusammensetzung und Durchnässung empfängt."¹⁾ Aus dieser Masse wird ein Klumpen losgetrennt, der vom Former bearbeitet wird. Hierauf gelangt die Form in den Brennofen, nach vorheriger Trocknung, um anschließend bemalt zu werden.²⁾ Wenn wir diese Angaben näher prüfen, so glauben wir feststellen zu können, daß auch hier keine Fließfertigung vorhanden war. Vielmehr handelt es sich um ein Zusammenwirken von Werkstattfertigung (bei der Aufbereitung der Rohstoffe und beim Brennen) und mehrfacher Werkbankfertigung (beim Formen und Malen).

Wir kommen damit insgesamt zu folgendem Ergebnis: Die Auffassung, daß die Fließfertigung in den Manufakturen ihren Ursprung hat, kann nur zum Teil aufrechterhalten werden. Zwar liegt in Manufakturen, in denen die einzelnen Teilabschnitten der Produktion nur von je einem Arbeiter durchgeführt werden, in manchen Fällen eine Anordnung nach dem Prinzip der Fließfertigung vor, es handelt sich aber - wenn man den Ablauf zur Beurteilung hinzuzieht - um eine Kombination von Prinzipien der Werkstatt- und der Fließfertigung. Zwar wurde durch die Arbeitsteilung der Ablauf der Fertigung beschleunigt, aber es fehlte "eine organische Verbindung der einzelnen Arbeitsplätze untereinander."³⁾

1) Sombart, W.: Der moderne Kapitalismus, Dritter Band, Zweiter Halbband: Das Wirtschaftsleben im Zeitalter des Hochkapitalismus, München und Leipzig 1927, S. 769

2) Ebenda, S. 769 f.

3) Hilf, H.H.: a.a.O., S. 50

So unterblieb der Schritt zur reinen Fließfertigung, der damals möglich war, weil vor allem die äußeren Umstände nicht dazu zwangen.¹⁾

In den Manufakturen finden wir also die Werkbankfertigung sowie die Werkstattfertigung, die in der Manufaktur ihren Ursprung hat.²⁾ Die Anordnung der einzelnen Abteilungen erfolgte möglicherweise z.T. nach der Aufeinanderfolge der Verfahren, so daß ein gewisser Fertigungsfluß besteht. Häufig finden wir nicht nur eines der Fertigungssysteme in einer Manufaktur verwirklicht, sondern ein Zusammenwirken von Werkbank- und Werkstattfertigung.

Neben dem weiterhin bestehenden Handwerk, der Manufaktur und der Hausindustrie tritt in dieser Zeit die Fabrik als weitere Betriebsform auf.³⁾ Für sie ist charakteri-

1) Vgl. Fink, M.: Entwicklungsrichtungen der Fördertechnik in der Chemie-Industrie im Vergleich zur Maschinenindustrie. In: Fördern und Heben, 8. Jg. (1958), S. 291 - 293, S. 292.

Es ist noch anzumerken, daß es auch in jener Zeit bereits einen Massenbedarf gab, der ausging von dem Auftreten großer stehender Heere, der besonders die Nachfrage nach Bekleidung (Uniformen) und Schuhen betraf. Sie wurden in der Form der Hausindustrie gefertigt, wobei zwischen dem Verleger und den Verlegten häufig sog. Zwischenmeister eingeschaltet waren, die dann die einzelnen Arbeiter oder Arbeiterinnen in eigenen, kleinen Werkstätten zu sechs, zehn, fünfzehn vereinigten. Als Fertigungssystem lag also dezentralisierte Werkbankfertigung vor. Vgl. Sombart, W.: Die Konfektionsindustrie. In: Mollat, G.: Volkswirtschaftliches Quellenbuch, 7. Aufl., Osterwieck 1926, S. 425 - 427, S. 426; vgl. hierzu auch Holz, W.: Die westdeutsche Schuhwirtschaft, 2. Aufl., Tübingen 1965, S. 11

2) Vgl. Merbach, H.: Leitfaden der Analyse des innerbetrieblichen Transports, Berlin 1961, S. 43

3) Vgl. Penndorf, B.: Entwicklungsgeschichte des Betriebslebens, Wiesbaden 1937, S. 13.

stisch, daß die entscheidend wichtigen Teile des Produktionsprozesses von Maschinen ausgeführt werden, die den Arbeitsrhythmus bestimmt. Die menschliche Arbeitskraft dient nicht mehr direkt der Herstellung des Erzeugnisses.¹⁾ Wir prüfen nun, ob in den damaligen Fabriken bereits eine Fließfertigung bestand, wobei wir in unserer Betrachtung nach der jeweils vorherrschenden Technologie in den Betrieben differenzieren wollen.

Eine der ersten Fabriken mit vorherrschend physikalischen Verfahren dürfte die Getreidemühle gewesen sein. In den 90er Jahren des 18. Jahrhunderts entwarf der Amerikaner Oliver Evans den Plan für eine Mühle, bei der das Korn durch sämtliche Arbeitsgänge geführt wurde, ohne daß die direkte menschliche Mitarbeit erforderlich war. Er verband die einzelnen Stationen mit einer Förderanlage, die aus einem endlosen Band bestand, an dem kleine Holzeimer befestigt waren.²⁾ Im Gegensatz zu der bisher üblichen ebenerdigen Bauweise bestand seine Mehlfabrik aus einem mehrstöckigen Gebäude.³⁾ In dieser Mühle wurden die "Mahl- und Sichtgeräte in ein 'Leitungssystem' von Becherwerken, Förderschnecken, Rohrleitungsförderern usw. und damit in den kontinuierlichen Fluß des Schütt- bzw. Mahlguts 'eingeschaltet' ..." ⁴⁾ "Es war eine im Fließverfahren arbeitende Getreidemühle." ⁵⁾ Wir können damit feststellen, daß hier wahrscheinlich zum erstenmal das Prinzip der Fließfertigung in reiner Form angewendet wurde. Der Beginn dieser Produktion wird meist auf das Jahr 1795 gelegt.⁶⁾

Das Papier wurde bis zu Beginn des 19. Jahrhunderts in

1) Vgl. Mauersberg, H.: a.a.O., S. 25

2) Vgl. Oliver, J.W.: Geschichte der amerikanischen Technik, Düsseldorf 1959, S. 142

3) Vgl. Glauner, W.: Die historische Entwicklung der Mülerei, 2. Aufl., Braunschweig 1951, S. 37.
S.a. das Schema des Ablaufs auf S. 38

4) Illetschko, L.: Innerbetrieblicher Transport und betriebliche Nachrichtenübermittlung, Stuttgart 1962, S. 21

5) Diebold, J.: Die automatische Fabrik, 2. Aufl., Frankfurt a.M. 1955, S. 11

6) Vgl. Klemm, F.: a.a.O., S. 401

manueller Weise in Manufakturen hergestellt. In den Jahren 1798/99 erfand der Franzose N.L. Robert eine Maschine zur Erzeugung von Papier, die jedoch erst noch erheblicher Entwicklungen bedurfte, ehe das Papier fabrikmäßig hergestellt werden konnte.¹⁾ Diese Maschine ermöglichte es, Papier in jeder gewünschten Länge im laufenden Band herzustellen, an Stelle einzelner Blätter, wie beim handgeschöpften Papier.²⁾ Damit wurde die manuelle Fertigung in den meisten Bereichen der Papierfabrikation abgelöst durch die Herstellung auf Maschinen, welche nach dem Prinzip der Fließfertigung angeordnet waren. Betriebe mit chemischer Technologie entstanden als Fabriken erst in der Mitte des 19. Jahrhunderts. Der bis dahin relativ geringe Bedarf an chemischen Produkten wurde von den Apotheken gedeckt.³⁾ Den Anstoß zum Bau von chemischen Fabriken gab zunächst die steigende Textilerzeugung. Die Erfindung der Dampfmaschine sowie der Spinnmaschine und des mechanischen Webstuhls führten zu einer höheren Produktion, so daß der Bedarf an Textilhilfsmitteln wie Soda und Seifen in gleichem Maße angehoben wurden. Dies führte dann zur Gründung von Soda- und Schwefelsäurefabriken, deren Beginn in Deutschland um 1850 liegt.⁴⁾ Die Anordnung der Produktionsmittel erfolgt auch hier - ohne dies hier im einzelnen nachzuweisen - nach der Durchführung einiger technischer Verbesserungen entsprechend dem Fertigungsablauf.

Wir wollen kurz die Fabriken betrachten, bei denen vorzugsweise Verfahren der mechanischen Technologie angewen-

1) Vgl. Keim, K.: Das Papier, 2. Aufl., Stuttgart 1956, S. 177 ff.

2) Vgl. Oliver, J.W.: a.a.O., S. 218

3) Vgl. Leitz, F.J.: Chemische Industrie. In: HdB, Bd. IV, 3. Aufl., Sp. 6703 - 6720, Sp. 6704

4) Vgl. Schall, H.: Ein Jahrhundert Chemische Industrie. In: Öl, 3. Jg. (1965), S. 34 - 41, S. 35

det wurden. Ein wesentlicher Bestimmungsfaktor für die Anordnung der Maschinen war hier gegeben durch die Einführung der Dampfmaschine. Ihre Energien konnten auf die verschiedenen Maschinen nur durch die sog. Transmissionen übertragen werden, nach denen sich die Aufstellung der Maschinen richten mußte.¹⁾ Es ist möglich, daß besonders in der metallverarbeitenden Industrie die Anordnung der Maschinen zunächst nur kraftorientiert war.²⁾ Neben der Orientierung nach dem Antrieb wird sich jedoch bald die Gruppierung nach gleichartigen Verfahren allgemein durchgesetzt haben.

Bis zum 1. Weltkrieg "war es als gegeben hingenommen worden, daß in der üblichen Fabrik ... Fertigungsabteilungen nach der Maschinenart - Werkstätten - bestehen mußten."³⁾ Es wurden aber nicht nur Maschinen sondern auch Handarbeitsplätze gleicher Art in einer Werkstatt vereinigt. Denn auch beim Zusammenbau war es allgemein üblich, das einzelne Aggregat durch einen Monteur oder eine Gruppe von Monteuren zusammenzubauen. War eine Erhöhung der Ausbringungsmenge erforderlich, so wurden zusätzliche Arbeitsplätze in der Montageabteilung eingerichtet.⁴⁾

-
- 1) Vgl. Schmalenbach, E.: Neue Aufgaben ..., a.a.O., S. 7; s.a. Ahlburg, M.: Betriebswissenschaft in Einzel- und Massenfertigung, Diss., Aachen 1929, S. 25; Lang, A.: Fließfertigung im Drehbankbau nach eigenem System. In: Fließende Fertigung in deutschen Maschinenfabriken, hrsg. vom Hauptausschuß Maschinen beim Reichsminister für Bewaffnung und Munition, Essen 1943, S.153 - 171, S. 153
 - 2) Vgl. Stein, H.: Abteilungsweise Fertigung oder Fließarbeit? Grenzen ihrer Wirtschaftlichkeit. In: Werkstatttechnik und Werksleiter, 31. Jg. (1937), S. 8 - 11, S. 8; Pentzlin, K.: Arbeitsrationalisierung, München 1954, S. 118
 - 3) Lauke, H.: Für und Wider die Fließarbeit. In: Refa-Nachrichten, 10. Jg. (1957) S. 41 - 46, S. 41, vgl. a. Ermanski, J.: Theorie und Praxis der Rationalisierung, Wien - Berlin 1928, S. 362, Schaefer, H.: Fließende Fertigung, Leipzig 1927, S. 16
 - 4) Vgl. Carnap, G.: Die Fließfertigung als arbeitsorganisatorisches Verfahren in mechanisch-technologischen Industrien, Diss., Darmstadt 1955, S. 62

Wir können somit sagen, daß in Betrieben mit vorherrschend mechanischer Technologie vorerst weitgehend das Werkstattensystem verwirklicht war.¹⁾

Dies war keinesfalls allein begründet dadurch die Abhängigkeit der Maschinen vom zentralen Antrieb durch Dampfmaschine und Transmissionen. Für die Einführung der Fließfertigung in der Teileherstellung dürfte es an den absatzwirtschaftlichen Voraussetzungen, vor allem einer ausreichenden Menge gleicher Teile, gefehlt haben. Denn die damals bestehenden Fabriken trachteten danach, alles zu fertigen und zu liefern, was die Abnehmer bestellten, so daß bei den Fabriken meist ein an Arten und Produkten sehr umfangreiches Produktionsfeld bestand.²⁾

Außerdem dürften auch die technischen Voraussetzungen für eine Fließfertigung damals kaum gegeben sein. Die Auffassung, daß die Fließfertigung allein aus Gründen des zentralen Antriebs nicht möglich war, ist auch in sofern nicht ganz zutreffend, als sie auch bei rein manueller Fertigung, z.B. in der Montage, nicht durchgeführt wurde, obwohl hier die Anordnung der Arbeitsplätze von den Transmissionen vollkommen unabhängig war. Die Einführung der Fließfertigung beim Zusammenbau war vor allem aus organisatorischen Gründen nicht möglich, da das Prinzip der Austauschbarkeit der Teile noch nicht verbreitet und so eine entsprechende Arbeitszerlegung nicht möglich war. Die Montage konnte damals nur von Facharbeitern durchgeführt werden.

Noch entscheidender als alle diese Gründe ist aber, daß

1) Vgl. a. Waffenschmidt, W.: Technik und Wirtschaft der Gegenwart, Berlin - Göttingen - Heidelberg 1952, S. 153

2) Vgl. Schäfer, E.: Betriebswirtschaftliche Marktforschung, Essen 1955, S. 75; Stelter, H.: Maschinenindustrie. In: HdSW, Bd. 7, S. 206 - 219, S. 212; Henzel, F.: Betriebsplanung, Wiesbaden o.J., S. 39

die Frage der zweckmäßigen Anordnung der Produktionsmittel und Arbeitsplätze nicht gesehen wurde. Denn trotz des Antriebs über Transmissionen wäre wohl in manchen Zweigen eine Fließfertigung möglich gewesen. So wurde z.B. in den 30er Jahren in manchen Betrieben der Bekleidungsindustrie eine Fließfertigung eingeführt, wobei die bereits vorhandenen Transmissionswellen beibehalten werden konnten und nur geringe Umbauten erforderlich waren.¹⁾

Fassen wir unsere Ausführungen zusammen: Die Fließfertigung tritt zuerst auf in Betrieben, in denen die Produkte "im Strom", wie bei der Mühle und den chemischen Betrieben, oder als "fortlaufendes Band", wie in der Papierfabrik, die einzelnen Fertigungsstationen durchlaufen.²⁾ Es handelt sich dabei um Betriebe mit "natürlich bedingter Fließfertigung", die sich von einer gewissen Produktionsmenge ab und bei maschineller Fertigung auf Grund der Eigenarten des Fertigungsablaufs und der Gestalt der Produkte fast von selbst ergibt.³⁾ In Betrieben mit mechanischer Technologie finden wir in dieser Zeit ausschließlich Werkstattfertigung. Wir werden sehen, daß Fließfertigung hier erst später eingeführt wird.

III. Fließfertigung von 1880 - 1921

Das ausgehende 19. Jahrhundert in Deutschland war gekennzeichnet durch einen enormen Aufstieg der Technik und durch zahlreiche Gründungen von Fabriken. In den Betrieben mit mechanischer Technologie blieb die Werkstatt-

1) Vgl. Jung, O.: Produktionstechnische Verfahren in der Bekleidungsindustrie, 3. Aufl., Berlin - Wien - Leipzig 1941, S. 50

2) Vgl. Wallichs, A.: Fließarbeit und ihre Nutzbarmachung für die deutsche Betriebswirtschaft, Stuttgart 1927, S. 11

3) Diese Bezeichnung wurde von E. Schäfer geprägt, vgl. S. 139

fertigung weiterhin vorherrschend. Sie "war den Organisatoren der jüngsten Vergangenheit so tief in Fleisch und Blut übergegangen, daß sie nicht auf den Gedanken kamen, den Gang des Produktionsprozesses innerhalb der Werkstätten zu rationalisieren."¹⁾ Wir müssen uns die damaligen Werkstätten, besonders in der metallverarbeitenden Industrie, als Riesensäle vorstellen.²⁾ Einen Eindruck von den Werkstätten erhalten wir durch die Schilderung eines Rundgangs durch die Gasmotoren-Fabrik Detz: "Unser Weg führt durch schmale Gassen zwischen den geschäftigen Maschinen dahin. Angehäufte Maschinenteile oder kleine Transportwagen versperren gelegentlich den Weg und zwingen zum Ausweichen durch andere Gassen." "Als ein Bild der Unruhe, der rastlosen Bewegung, stellen sich uns die Werkstätten für mechanische Bearbeitung vor. An der Decke Scheibe an Scheibe in kreisendem Lauf. Am Boden die Werkzeugmaschine in ruhelosem Gang. Dazwischen ein Gewirr straffgespannter umlaufender Riemen."³⁾ Diese Anordnung der Produktionsmittel bleibt vorherrschend bis ins 20. Jahrhundert hinein.⁴⁾ Die ersten Ansätze einer Fließfertigung zeigten sich in

1) Ermanski, J.: a.a.O., S. 363; siehe auch Schleip, W.: Totale Rationalisierung, Berlin - Wien - Leipzig 1944, S. 28

2) Vgl. Lang, R./Hellpach, W.: Gruppenfabrikation, Berlin 1922, S. 64. Dort finden sich auch einige interessante Angaben über die Größe der damaligen Werkstätten, vgl. S. 102 f.

3) abgedruckt in: Deutsche Industrie - Deutsche Kultur, 9. Jg., S. 39 - 631, zit. bei Lang, R./Hellpach, W.: a.a.O., S. 126
Ein gutes Bild von den damaligen Verhältnissen in den Werkstätten gibt auch Wegemüller, H.: Entwicklung im Werkzeugmaschinenbau. In: Industrielle Organisation, 35. Jg. (1966), S. 387 - 402, S. 387 f.

4) Vgl. Ermanski, J.: a.a.O., S. 362. Es ist möglich, daß damals vereinzelt in Betrieben die Fließfertigung bereits eingeführt war, besonders dort, wo man sich auf ein enges Programm beschränkte. Vgl. dazu Lauke, H.: Die Abstimmung bei Fließarbeit, München und Berlin 1928, S. 3. Konkrete Angaben hierzu konnten jedoch nicht ermittelt werden.

Amerika um 1890 beim Bau von Güterwagen, "als man erkannte, daß die Waggon, als Fertigungsobjekt auf Rädern errichtet, bewegt werden können. An Stelle der Herbeischaffung von Rohmaterial, Arbeitern und Werkzeugen konnte leicht die Bewegung des Endprodukts treten!"¹⁾ In den 90er Jahren stieg der Bedarf an Güterwagen durch die Expansion der Eisenbahngesellschaften stark an. Die Herstellung erfolgte zunächst nach dem Prinzip der Baustellenfertigung, bei der eine Gruppe von Facharbeitern jeweils den ganzen Wagen fertigstellte. Facharbeiter konnten aber in dieser Zeit nicht in ausreichender Zahl beschafft werden. "This lack of skilled help on the one hand, and the drive for higher output rates on the other hand, led to the first change from the older methods. This was called specialising."²⁾ Die einzelnen Arbeiten wurden also auf Gruppen aufgeteilt, z.B. eine fertigte nur das Dach, die andere die Seitenwände usw. "The freight cars were all built on wheels, on tracks, capable of movement when necessary. To put the unterframe gang in the first position on a track, the flooring gang in the second position, side and end framing in the third ... was logical."³⁾ Dieser erste 'Ansatz einer Fließfertigung war nicht unbedingt als eine rationelle Methode gedacht. "It was not started originally as a means of reducing production cost. It was tried as a means of greatly increasing output rate, in spite of the fact that it was feared the new method might result in an increase in both material handling and in production cost."⁴⁾

Ein weiterer Schritt zur Fließfertigung erfolgte in den Schlachthöfen von Chicago. Dort war bereits bis zu einem gewissen Grad eine Arbeitsteilung vorhanden, denn es waren mehrere Arbeitskräfte beim Schlachten und Zerlegen

1) Illetschko, L.: a.a.O., S. 10

2) Ord, L.C.: Secrets of Industry, London 1944, S. 17

3) Ebenda, S. 17

4) Ebenda, S. 15

der Tiere beteiligt. Diese Methode war aber bald unzureichend, um dem steigenden Fleischbedarf nachzukommen. "Den Anstoß zur ersten Einführung von Fließarbeit auf diesem Gebiet gab das Zusammentreffen des Bedarfs vieler Großstädte südlich der großen Seen ... einerseits und der Schlachtviehbörse des amerikanischen Mittelwestens in Chicago andererseits."¹⁾ Das Neue war neben der bereits bekannten Arbeitszerlegung die Einführung eines mechanischen Transportmittels, das die einzelnen Arbeiter fest miteinander verband. "Fleischerhaken in langer Kette liefen mit den geschlachteten Schweinen an der Reihe der Schlachtarbeiter vorbei, von denen jeder seinen Schnitt zu machen, sein besonderes Stück zu entfernen hatte."²⁾ Die Einführung eines mechanischen Fördermittels erforderte aber eine besondere Art der Arbeitsteilung. Sie erfolgte in der Weise, "daß die zeitlichen Arbeitsteile einander ganz gleichgemacht wurden und dadurch den entscheidenden Fortschritt, nämlich die Arbeitskoppelung im gemeinsamen Arbeitstakt ermöglichen."³⁾ Wir finden also in den Schlachthöfen von Chicago um 1895 das erste Beispiel für das Auftreten der Fließfertigung in einem Betrieb mit mechanischer Technologie.

Die Fließfertigung wird dann bald eingeführt in Konservenfabriken für Gemüse und Fleischwaren⁴⁾, sowie im Jahre 1900 für die Herstellung von Konservendosen.⁵⁾

1) Pentzlin, K.: Rationelle Produktion. 1. Aufl., a.a.O., S. 228

2) Doberer, K.: Sinn und Zukunft der Automation, Frankfurt a.M. 1958, S. 69 f. Vgl. dazu ferner: Ord., L.C.: a.a.O., S. 26; Hirsch, J.: Das amerikanische Wunder, Berlin 1926, S. 83 ff.; Hanfland, C.: Die amerikanische Fleischindustrie, Leipzig 1929, S. 375 ff.

3) Kienzle, O.: Gedanken zur Automatisierung in der Industrie, Göttingen 1958, S. 7

4) Vgl. Oliver, J.: a.a.O., S. 385

5) Vgl. ebenda, S. 382

Das Fließband als bloßes Transportmittel - und nicht auch als Organisationsmittel wie in den Schlachthöfen - war bereits einige Zeit vorher in anderen Industriezweigen eingeführt worden, so z.B. in einigen Gießereien. Wir wissen, daß z.B. in der Westinghouse Foundry, in der Nähe von Pittsburgh, die kleine Gußstücke für Eisenbahnbremsen herstellte, 1890 ein endloses Band eingerichtet wurde,¹⁾ das aber nur zur Lösung der Transportprobleme diente.²⁾

Wir können annehmen, daß Anregungen aus anderen Branchen nicht unerheblich zur Fließfertigung in den Schlachthöfen beigetragen haben. Denn, wie Pentzlin ausführt, konnte sie erst entwickelt werden, " als die ersten epochemachenden Erfolge der Massenproduktion im ganz großen Stil in anderen Zweigen bereits durchgeführt waren."³⁾

Das Fließband als Transportmittel setzte sich in der Folgezeit auch in anderen Zweigen durch, So wurde bei der maschinellen Herstellung von Flaschen mit der Flaschenblasmaschine von Owens ein Förderband eingesetzt, um die geformte Flasche durch den Glühofen zu transportieren. Auch in den ersten Tafelglasfabriken wurden Förderbänder für die Handhabung der schweren Glasplatten verwendet.⁴⁾ Die uns bekannten Beispiele deuten allerdings darauf hin, daß in dieser Zeit das Fließband als Fördermittel vorzugsweise dort eingesetzt wurde, wo ein manueller Transport wegen der Eigenarten des Produkts oder des fertigungstechnischen Ablaufs nicht oder nur schwer möglich war. In Deutschland wurde die Fließfertigung - so weit wir sehen - erstmals 1905 in der Keks-

1) Vgl. Scientific American . Vol 62, 1890, Nr. 24, S. 369 - 370, angeführt bei Klemm, F.: a.a.O., S. 342 f.

2) Vgl. a. Pentzlin, K.: Arbeitsrationalisierung, a.a.O., S. 119

3) Derselbe, Rationelle Produktion, 1. Aufl., a.a.O., S. 228

4) Vgl. hierzu Oliver, J.: a.a.O., S. 477

fabrik Hermann Bahlens, Hannover, beim Verpacken der Kekse eingeführt.¹⁾

Die Verbreitung der Fließfertigung ist zu einem großen Teil auf das Wirken Henry Fords und seiner Veröffentlichungen zurückzuführen.²⁾ Er hat das bis dahin vorherrschende Werkstattssystem "dadurch revolutioniert, daß er in der Automobilproduktion (nach Vorbildern in der Großschlachtereie) eine Fertigungsstraße aus Menschen nach dem Takt des ihre Arbeitsplätze verbindenden Transportbandes zusammenfügte."³⁾ Sie wurde zuerst eingeführt im April 1913 bei der Zusammensetzung von Schwungradmagneten.⁴⁾ Bei der ursprünglichen Arbeitsweise wurden die Erzeugnisse durch einen Monteur bzw. eine Gruppe zusammengebaut. " Auch als in anderen Betrieben schon eine weitgehende Arbeitsteilung vorgenommen war und damit angelernte Leute Verwendung fanden, blieb die Montage von einer Arbeitsteilung unberührt und dem gelernten Arbeiter vorbehalten. Wurde die Ausbringung vergrößert, so wurden einfach neue Arbeitsstände in der Montageabteilung eingerichtet."⁵⁾ Für das Verständnis der damaligen Verhältnisse erscheint uns wichtig, daß die Herstellung von Automobilen in jener Zeit in relativ geringen Mengen in handwerklicher Fertigung erfolgte.⁶⁾ Der Monteur in jener Zeit war zugleich Mechaniker und Justierer, denn er hatte die vom Dreher

1) Vgl. Kienzle, O.: Gedanken ..., a.a.O., S. 8; Bongard, W.: Fetische des Konsums, Hamburg 1964, S. 170

2) Vgl. Mittelstaedt, H.L.: Fließende Fertigung, Berlin 1927, S. 12; vgl. a. Immer, J.: Layout Planning Techniques, New York - Toronto - London 1950, S. 115 ff.

3) Lohmann, M.: Die wirtschaftlichen und sozialen Wirkungen der Automatisierung. In: Weltwirtschaftliches Archiv, Bd. 82 (1959), S. 1 - 34, S. 5

4) Vgl. Oliver, J.: a.a.O., S. 485; siehe auch Muther, R.: Production-Line-Technique, New York - London 1944, S. 16

5) Carnap, G.: a.a.O., S. 62

6) Vgl. Hammer, M.: Vergleichende Morphologie der Arbeit in der europäischen Automobilindustrie, Basel - Tübingen 1959, S. 5. Nähere Angaben finden sich auf S. 21 ff.

gelieferten, nicht völlig identischen Stücke für die Montage fertigzumachen. Für diesen Zweck standen ihm eine ganze Zahl von Feilen und Schabeisen zur Verfügung.¹⁾

Auch die Montage der Schwungradmagneten wurde zuerst von einem Arbeiter allein durchgeführt. Später wurde diese Arbeit in neunundzwanzig Teilarbeiten zerlegt, die auf verschiedene Arbeitskräfte verteilt wurden. Diese standen an beiden Seiten eines Bandes.²⁾ Als man sah, daß dieses System sich bewährte, wurde die gesamte Montage der Automobile in Fließfertigung durchgeführt. Im Jahre 1914 wurde das Prinzip der Fließfertigung auch auf die Teilefertigung ausgedehnt.³⁾

Es erfolgte eine Auflösung der Werkstätten, die Maschinen wurden hintereinandergeschaltet gemäß dem Lauf des Werkstücks.⁴⁾ Gegenüber der heutigen Anordnung der Maschinen in der Automobilindustrie ist jedoch ein erheblicher Unterschied festzustellen. Wichtig ist, daß die Zeiten, welche für die verschiedenen Verrichtungen benötigt wurden, außerordentlich verschieden waren. "One operation might take twenty minutes and the next one. It was therefore impossible to put an operator full time on each machine. ... The men on the line were considered as a gang, they were pooled on the machines and moved up and down the line to the degree necessary to get the output needed."⁵⁾ Daraus ergab sich die Notwen-

1) Vgl. Hammer, M.: a.a.O., S. 21

2) Vgl. Ford, H.: Mein Leben und Werk, 23. Aufl. Leipzig 1923, S. 94; siehe auch Wollheim, G.: Theorie der Technik Fords, München 1926, S. 45 f.

3) Vgl. Schmidt, K.H.: Organisation und Grenzen der Arbeitszerlegung im fließenden Zusammenbau. In: Ausgewählte Arbeiten des Lehrstuhles für Betriebswissenschaften in Dresden, hrsg. von E. Sachsenberg, 1. Bd. Berlin 1924, S. 81 - 179, S. 85

4) Vgl. Berkenkopf, P.: Deutsche Industriewirtschaft, Leipzig 1933, S. 29

5) Ord, L.C.: a.a.O., S. 30

digkeit, für bestimmte Verfahren mehrere Maschinen einzusetzen. So schwankte z.B. bei der Zylinderfertigung die Maschinenzahl je Verfahren zwischen 2 und 14.¹⁾ Aus diesem Grund war eine genaue zeitliche Abstimmung, wie sie bei der Montage durchgeführt werden konnte, nicht möglich. Charakteristisch ist für die damalige Teilefertigung, "daß der Mann nicht direkt durch den Zustrom des Materials gedrängt wird, daß also insofern der Prozeß nicht zwangsläufig ist."²⁾ Die verwendeten Förderbänder erfüllen lediglich Transportaufgaben, werden Teile im Moment nicht benötigt, so wandern sie weiter im Kreislauf.³⁾ Die Maschinen sind also bereits in der Reihenfolge des Ablaufs angeordnet, bilden insgesamt jedoch noch keine strenge Einheit, da eine genaue zeitliche Bindung nicht besteht.

Die Bedeutung Henry Fords für die weitere Entwicklung der Fließfertigung ist in mehrfacher Hinsicht zu sehen. Die Anwendung dieses Fertigungssystems bei der Montage bedeutete die Einführung der Fließfertigung für komplizierte Vorgänge, nachdem es sich vorher um relativ einfache Arbeiten gehandelt hatte.⁴⁾ Erforderlich war auch ein gewisses Umdenken, da es sich bei den Arbeiten in den Schlachthöfen um einen zerlegenden Vorgang handelte, während die Durchführung der Montage nach dem Prinzip der Fließfertigung erstmals eine Anwendung bei einer Fertigung mit hochsynthetischer Stoffverwertung bedeutete.⁵⁾

Während in den vorherigen Fällen - also bei der Güterwagenherstellung und in den Schlachthofbetrieben - die

1) Vgl. Rieppel, P.: Ford-Betriebe und Ford-Methoden, München und Berlin 1925, S. 13, Abb. 25

2) Rieppel, P.: a.a.O., S. 13

3) Vgl. ebenda, S. 15; siehe auch Köttgen, C.: Das wirtschaftliche Amerika, Berlin 1925, S. 144 ff.

4) Vgl. Doberer, K.: a.a.O., S. 70; Nowak, G.: a.a.O., S. 1

5) Vgl. auch Hanfland, C.: Rationalisierung durch Planarbeit, Stuttgart 1949, S. 20

Vgl. zu den Arten der Stoffverwertung die Ausführungen auf S. 43

Fließfertigung eingeführt wurde, um der steigenden Nachfrage nachzukommen, der Anstoß also vom Absatzmarkt ausging, war es das Ziel Fords, durch Einführung der Fließfertigung die Stückkosten erheblich zu senken, um Automobile zu einem wesentlich geringeren Preis als bisher anbieten zu können, und somit die Nachfrage zu erhöhen. Während also vorher die Absatzlage eine Änderung des Fertigungssystems bewirkte, versuchte Ford den umgekehrten Weg zu gehen, indem er den Wechsel von der Baustellen- und Werkstattfertigung zur Fließfertigung bewußt und von sich aus herbeiführte, um auf Grund der daraus sich ergebenden Konsequenzen eine Veränderung der Absatzlage für Automobile zu erreichen.¹⁾

Schließlich ist nicht zu vergessen, daß die Veröffentlichung seiner Ideen zu allgemeinen Diskussionen führte, was für eine Verbreitung des Gedankens der Fließfertigung sorgte und ihre Einführung auch in anderen Betrieben begünstigte. In Europa wurde die Fließfertigung zuerst 1917 in England, in einem Zweigwerk von Ford, eingeführt. Es folgten die Fiat-Werke in Mailand und Citroen in Paris. In Deutschland wurde die Fließfertigung erst 1920/21 von den Brennabor-Werken, Brandenburg, der Akku Fabrik AG, Berlin, und der Continental Caoutchouc und Guttapercha Co. in Hamburg übernommen, bedingt durch die wirtschaftliche Notlage, in der sich Deutschland in den Jahren nach dem Kriege befand.²⁾ In den Daimler Werken in Untertürkheim wurde die Fließfertigung bei der Herstellung von Teilen etwa 1921 eingeführt, die Versuche waren jedoch bereits während des Krieges geplant.³⁾

Wenn wir unsere Betrachtungen über Fließfertigung in der mechanischen Industrie zusammenfassen, so kommen wir zu folgenden Ergebnissen. Line Production "was not an invention or a development by one man, or even by one firm or

1) Vgl. hierzu auch Opitz, H.: Die Fertigungstechnik als Wirtschaftsfaktor, Essen 1958, S. 5 ff.

2) Vgl. Mittelstaedt, H.: a.a.O., S. 13

3) Vgl. Lang, R./Hellpach, W.: a.a.O., S. 95

industry. It was a development in stages to which many men, many firms and industries contributed."¹⁾

Fließfertigung in Betrieben mit mechanischer Technologie begann bei dem Zusammenbau von Güterwagen und wurde weiterentwickelt bei der Zerlegung von Tierkörpern in den Schlachthöfen von Chicago. Bis zum Jahre 1913 wurde sie im wesentlichen geführt in Betrieben mit relativ einfachen Produktionsvorgängen. Henry Ford war der erste, der sie in einem Großbetrieb der mechanischen Fertigung beim Zusammenbau komplizierter Erzeugnisse anwendete.²⁾ Ihr Prinzip wurde schließlich auch übertragen auf die Fertigung der Einzelteile.³⁾

Fassen wir unsere bisherigen Erörterungen kurz zusammen: Die Fließfertigung entsteht zuerst in Betrieben mit chemischen und physikalischen Verfahren.⁴⁾ Wegen der Eigenarten des verfahrenstechnischen Ablaufs und der Produkte besteht hier von vornherein eine Tendenz zur Fließfertigung. Wir bezeichnen diese Fälle daher als "natürlich bedingte Fließfertigung".⁵⁾ Sie beginnt im Jahre 1795 in einer Getreidemühle.

Fließfertigung in Betrieben mit mechanischer Technologie begann um 1895, also ein Jahrhundert später, bei dem Zusammenbau von Güterwagen und wurde weiterentwickelt bei der Zerlegung von Tierkörpern in den Schlachthöfen von Chicago. Es handelt sich hierbei noch um relativ einfache Arbeitsvorgänge. Im Jahre 1913 wendet Henry Ford als erster das Prinzip der Fließfertigung in einem Großbetrieb der mechanischen Fertigung beim Zusammenbau komplizierter Erzeugnisse an. Schließlich wird das Prinzip auch auf die

1) Ord, I.C.: a.a.O., S. 15

2) Vgl. Carnap, G.: a.a.O., S. 1

3) Vgl. a. Stefan, K.H.: Technik der Automation, Berlin 1960, S. 53

4) Vgl. zu den chemischen und physikalischen Verfahren die Ausführungen auf S. 38

5) Diese Bezeichnung wurde von E. Schäfer geprägt, vgl. S. 139

Fertigung von Einzelteilen übertragen. In beiden Fällen sind Änderungen der bestehenden Fertigungsorganisation und der Absatzlage erforderlich. Wir sprechen in diesen Fällen daher auch von einer "künstlich herbeigeführten Fließfertigung",¹⁾ weil sie erst auf Grund bestimmter organisatorischer Maßnahmen möglich wird.

IV. Tendenzen der Weiterentwicklung seit den 20er Jahren

Die wirtschaftlichen Verhältnisse in Deutschland nach dem ersten Weltkrieg zwangen die Industriebetriebe, zu einer möglichst rationellen Fertigung zu gelangen. Nachdem im Laufe etwa eines halben Jahrhunderts die Verbesserung des einzelnen Produktionsmittels im Vordergrund gestanden hatte, begann man nun, sich mit der Rationalisierung der Fertigung insgesamt zu beschäftigen.²⁾ Die in diesen Jahren in die USA entsandten Fachleute erhielten ihre stärksten Eindrücke bei ihren Besuchen in den Ford-Werken. Die Fließfertigung wurde daraufhin in vielen Betrieben eingeführt.³⁾ In der Folgezeit wurden die Werkzeugmaschinen verbessert, so daß allmählich auch in der Teilefertigung eine zeitlich abgestimmte Fließfertigung möglich wurde.

Die weitere Entwicklung geht dann immer mehr zur automatisierten Fließfertigung, die mit der selbsttätigen Transporteinrichtung beginnt. 1931 gab es in den USA in den Automobilfabriken von Detroit Fertigungsstraßen, in denen Blechkarosserien von automatischen Greifern zu den einzelnen Stationen weitergegeben wurden. Dieses Prinzip wurde immer mehr ausgeweitet und auch von europäischen Betrieben, vor allem in der Automobilindustrie, übernommen.⁴⁾ Diese erste

1) Diese Bezeichnung wurde von E. Schäfer geprägt, vgl. S. 63

2) Vgl. Fackelmeyer, A.: Materialfluß - Planung und Gestaltung, Düsseldorf 1966, S. 2; siehe auch Dolezalek, C.M.: Probleme der Automatisierung der industriellen Produktion. In: Arbeitsvorbereitung - Automatisierung - Elektronik, hrsg. von der Deutschen Gesellschaft für Betriebswirtschaft, Berlin 1956, S. 32 - 44, S. 34

3) Vgl. Carnap, G.: a.a.O., S. 1

4) Vgl. Lauke, H.: Für und Wider ..., a.a.O., S. 46

Stufe der Automatisierung wird auch als "Detroit type of Automation" bezeichnet.¹⁾ In der Folgezeit wurde versucht, nicht nur den Transport, sondern auch die Steuerung des Ablaufs zu automatisieren. Die ersten Beispiele sind wiederum in der Automobilindustrie in den USA zu finden.²⁾

In Deutschland finden wir die erste automatisierte Fließfertigung 1944 bei den Junkers-Motorenwerken in Magdeburg.³⁾ Nachdem die automatische Fließfertigung zuerst in der Teilefertigung angewendet wurde, übertrug man sie später auch auf den Zusammenbau von Einzelteilen.

Eine im Prinzip ähnliche Entwicklung können wir bei den Betrieben mit chemischer Technologie feststellen. Die meisten Verfahren arbeiteten diskontinuierlich. Um der steigenden Nachfrage gerecht zu werden, mußten immer zahlreichere und größere Apparate verwendet werden. Man überlegte, "wie man große Durchsätze bei geringen installierten Apparategewichten und kleinerem Raumbedarf erzielen könnte. Als besonders wirkungsvolles Mittel erwies sich der Übergang vom Chargenbetrieb zu stetig arbeitenden Anlagen."⁴⁾ Dieser Übergang wurde gefördert durch die Erkenntnis, daß chemische Reaktionen bei Verwendung von Katalysatoren beschleunigt ablaufen. Die Katalysatoren werden jedoch bei wechselnden Verfahrensbedingungen und einer Unterbrechung der Fertigung, wie sie beim Chargenbetrieb nötig sind, in ihrer Wirksamkeit stark beeinträchtigt, so daß aus diesem Grund die Tendenz zu kontinuierlichen Verfahren sich immer mehr verstärkte.⁵⁾ Die Entwicklung vom diskontinuierlichen

-
- 1) Vgl. Opitz, H.: Fertigungsverfahren als Elastizitätsfaktoren. In: Dynamische Betriebsführung, Vorträge des 12. Deutschen Betriebswirtschaftler-Tages, Berlin 1959, S. 40 - 56, S. 49
 - 2) Vgl. a. Matthies, W.: Die Berechnung des ökonomischen Nutzeffektes automatischer Maschinenfließreihen, Diss. Dresden 1963, S. 18; Busch, K.W.: Strukturwandlungen der westdeutschen Automobilindustrie, Berlin 1966, S. 122
 - 3) Vgl. Fackelmeyer, A.: Die wirtschaftlichen Grundlagen der Automatisierung. In: Industrielle Automatisierung, 1. Jg. (1956), Heft 1, S. 11 - 13, S. 13
 - 4) Carnap, G.: a.a.O., S. 132
 - 5) Vgl. RKW: Praktische Beispiele zur Automatisierung, München 1959, S. 66

zum kontinuierlichen Verfahren begann bereits um das Jahr 1914 mit dem Bau der großen Stickstoffanlage in Oppau und Leuna.¹⁾ Der Übergang vollzog sich im wesentlichen jedoch erst in den 20er Jahren. So wurden z.B. kontinuierliche Verfahren in der erdölverarbeitenden Industrie in den 30er Jahren eingeführt,²⁾ in anderen Zweigen erst später, je nach den spezifischen Branchenverhältnissen.

Da das Produkt während der Fabrikation nicht sichtbar ist, war man auf indirekte Beobachtungsmethoden angewiesen. Aus diesem Grund war die chemische Industrie mit der Entwicklung zu größeren Betrieben auf eine Automatisierung der Steuerung und der Messung fast angewiesen.³⁾ Sie wurde in dem Moment besonders aktuell, als die schubweise durchgeführten Verfahren in kontinuierliche umgewandelt worden waren.⁴⁾ Der selbsttätige Transport bereitete keine große Schwierigkeiten. Nach der Automatisierung der Kontrolle des Ablaufs gelang es, auch den Ablauf selbst durch automatische Regelung der Verfahrensbedingungen von der Mitwirkung des Menschen zu befreien.⁵⁾

Die Automatisierung des Fertigungsablaufs und die Kontinuierisierung von physikalischen und chemischen Verfahren stehen heute im Mittelpunkt der weiteren Entwicklung der Fließfertigung.⁶⁾

Daneben ist jedoch noch eine andere Tendenz festzustellen, die wir kurz als "Betonung des Materialflusses" bezeichnen

-
- 1) Vgl. RKW: Praktische Beispiele zur Automatisierung, München 1959, S. 66; Doberer, K.: a.a.O., S. 175
 - 2) Vgl. Knebel, H.J.: Erdölverarbeitende Industrie. In: Aspekte der Automation, hrsg. von H.W. Zimmermann, Basel - Tübingen 1960, S. 75 - 108, S. 75
 - 3) Vgl. Winkler, O.: Die Automatisierung in der chemischen Industrie. In: Chemie-Ingenieur-Technik, 30. Jg. (1958), S. 1 - 7, S. 1
 - 4) Vgl. Doberer, K.: a.a.O., S. 175
 - 5) Vgl. dazu Riebel, P.: Industrielle Erzeugungsverfahren in betriebswirtschaftlicher Sicht, Wiesbaden 1963, S.125 ff.
 - 6) Vgl. a. Kölbel, H./Schulze, J.: Schwerpunkte in der Entwicklung der modernen chemischen Technologie. In: Kautschuk und Gummi, Kunststoffe, 17. Jg. (1964), S. 237 - 248, S.242

können. Noch vor einigen Jahren war es so, daß der Materialfluß nicht allzusehr beachtet wurde. "Das Hauptaugenmerk der Fertigungsplaner war darauf gerichtet, die Bearbeitungsvorgänge selbst zu verbessern. Was daneben geschah, interessierte kaum."¹⁾ Wenn wir die Entwicklung der fertigungstechnischen Rationalisierung in kurzen Worten zu umreißen suchen, können wir folgende Reihe feststellen.²⁾ Bis zum Beginn des 20. Jahrhunderts ging das Bestreben dahin, durch Verbesserung der bestehenden Fertigungsverfahren und durch die Konstruktion leistungsfähiger Werkzeugmaschinen zu einer Verkürzung der Hauptzeit (eigentliche Bearbeitungszeit) zu gelangen.³⁾ Als schließlich der Punkt erreicht war, an dem eine weitere Verbesserung nicht oder nur noch in geringem Maße möglich war, erkannte F.W. Taylor die Möglichkeit der Verbesserung des Arbeitsvollzuges. Es handelt sich dabei um einen Sachverhalt, den wir als Verkürzung der Nebenzeiten bezeichnen können. Aber immer noch steht im Mittelpunkt der Betrachtung das einzelne Produktionsmittel bzw. der einzelne Arbeitsplatz. Mit der Einführung der Fließfertigung wendet man sich nun dem gesamten Fertigungsablauf zu und betrachtet die Möglichkeiten der Rationalisierung mehr vom Durchlauf des herzustellenden Produkts, indem man die Förder- und die Lagerungszeit zu mindern sucht. Im Mittelpunkt der Betrachtung stehen also nun die Zeiten, in denen der Werkstoff keinen Fertigungsfortschritt erfährt. Sie werden auch als Leerzeiten bezeichnet und treten z.B. dann auf, "wenn von einer größeren Menge des Werkstoffs ... jeweilig nur ein Stück bearbeitet werden kann, so daß die übrigen Stücke der zusammenhängend durchlaufenden Menge vor und nach

-
- 1) Ilg, H.: Die "Fertigungspalette", ein Schritt auf dem Weg zum flexiblen Fabrikbau. In: Werkstattstechnik, 52. Jg. (1962), S. 231 - 235, S. 231; vgl. a. Fackelmeyer, A.: Ersparnisse durch Materialfluß-Planung. In: Chemische Industrie 1960, S. 331 - 336, S. 331
 - 2) Vgl. zum folgenden: Carnap, G.: a.a.O., S. 26 f.
 - 3) Vgl. zu den einzelnen Bezeichnungen: Refa Buch, Bd. 1, a.a.O., S. 55 ff; Pechhold, E.: Arbeitsablauf. In: HdB, Bd. I, 3. Aufl., Sp. 168 - 174, Sp. 168 f.

der Bearbeitung an den einzelnen Arbeitsplätzen auf den Veränderungsvorgang waren müssen."¹⁾

Die "Betonung des Materialflusses" bedeutet, daß man versucht, diese Verlustzeiten herabzusetzen, und zwar besonders in den Betrieben, die eine vollkommene Fließfertigung auf Grund der fehlenden Voraussetzungen nicht einführen können. Man geht davon aus, daß die Durchlaufzeit des Produkts verkürzt werden kann, wenn es möglich ist, die Transport- und Lagerzeiten herabzusetzen und versucht auf diese Weise, wenigstens annähernd die Vorteile der Fließfertigung zu erreichen.²⁾

Wir können also zusammenfassend zwei Haupttendenzen feststellen: Einmal geht man daran, die Fließfertigung in den Betrieben, wo sie inzwischen eingeführt ist, weiter zu vervollkommen, indem man zu automatisch gesteuerten Fertigungsabläufen gelangt. Dies gilt für die künstliche und natürliche Fließfertigung. Im letzten Fall ist außerdem eine Kontinuierisierung der einzelnen Verfahren festzustellen. Die zweite Tendenz, die daneben besteht, kann in der Weise charakterisiert werden, daß man auch in den Zweigen, in denen keine reine Fließfertigung möglich ist, versucht, deren Vorteile so weit wie möglich zu nutzen. Wir finden in diesen Fällen meist kein reines Fertigungssystem mehr vor, sondern es beruht auf einer Mischung von Prinzipien verschiedener Fertigungsanordnungen.

B) Die Fließfertigung und ihre Erscheinungsformen in der Literatur

Der Begriff Fließfertigung wird in der deutschen Literatur erst seit etwa 40 Jahren verwendet, wenngleich das

1) Refa-Buch, Bd. 1, a.a.O., S. 58 f, vgl. Schmidt, E.: Die Bedeutung des Flußprinzips in der rationellen Produktion. In: Industrielle Organisation, 19. Jg. (1950) S. 159 - 162, S. 161

2) Vgl. Lauke, H.: Betriebliche Arbeitsflußgestaltung - ein Weg zur Senkung der Fertigungskosten. In: Werkstattstechnik, 52 Jg. (1962), S. 187 - 189, S. 188

erste Auftreten der Fließfertigung im Industriebetrieb - wie wir bereits darstellten - bereits wesentlich früher festzustellen ist. Einer der ersten Ansätze für das Erkennen des Prinzips der Fließfertigung als eines Fertigungssystems - d.h. Anordnung der Produktionsmittel in der Reihenfolge des Fertigungsablaufs des herzustellenden Produkts - läßt sich, soweit wir sehen, auf Karl Marx zurückführen. Er spricht (1867) vom "eigentlichen Maschinensystem", bei dem "der Arbeitsgegenstand eine zusammenhängende Reihe verschiedener Stufenprozesse durchläuft, die von einer Kette verschiedenartiger, aber einander ergänzender werkzeugmaschinen ausgeführt werden."¹⁾

Wir wollen nun kurz erläutern, in welcher Zeit die Fließfertigung in der industriewirtschaftlichen Literatur besondere Beachtung gefunden hat und welche verschiedene Erscheinungsformen unterschieden werden.²⁾

Bis etwa zum Jahre 1925 wird die Fließfertigung in der Literatur so gut wie überhaupt nicht erörtert. Zwar erscheint im Jahre 1922 eine Veröffentlichung von Lang und Hellpach, die ausführlich mit der Fließfertigung befaßt.³⁾ Dieses Werk findet zunächst keine übermäßig starke Beachtung. Die Erklärung mag darin liegen, daß die Frage der Anordnung von Produktionsmitteln "weder von der Fabrikpraxis noch von der Fabriktheorie bisher überhaupt als eine grundsätzliche Angelegenheit, geschweige denn als 'Problem' erfaßt wird."⁴⁾

1) Marx, K.: a.a.O., S. 396

2) Vgl. hierzu auch unsere Ausführung über die Geschichte der Fließfertigung, S. 1 ff.

3) Lang, R./Hellpach, W.: Gruppenfabrikation, Berlin 1922

4) Ebenda, S. 20; s.a.S. 117 ff. Die Anordnung der Maschinen nach dem Prinzip der Werkstattfertigung, bei der Produktionsmittel gleichen Verfahrens räumlich zusammengefaßt werden, wird als selbstverständliche und einzige Möglichkeit der Anordnung gesehen. Vgl. z.B. Calmes, A.: Der Fabrikbetrieb, 6.Aufl., Leipzig 1920, S. 26; Peiseler, G.: Zeitgemäße Betriebswirtschaft, I. Teil: Grundlagen, Leipzig und Berlin 1921, S. 14 f.; Wegeleben, F.: Die Rationalisierung im deutschen Werkzeugmaschinenbau, Berlin 1924, S. 54 f. Eine Ausnahme bildet Haushofer, der von einem eigentlichen Maschinensystem spricht. Er übernimmt diesen Begriff von K. Marx, ohne ihn jedoch ausführlicher zu erläutern. Vgl. Haushofer, M.: Der Industriebetrieb, 2. Aufl. München 1904, S. 182

Der Beginn der literarischen Erörterung in Deutschland ist zurückzuführen auf die Einführung der Fließfertigung durch Henry Ford in seiner Automobilfabrik in Detroit im Jahre 1913. Die Schilderung des Prinzips, des Vorgehens und der konkreten Beispiele in Fords Autobiographie "Mein Leben und mein Werk", die in Deutschland 1923 erschien, führten dazu, daß deutsche Fachleute nach Amerika reisten, um sich dort über die Möglichkeiten der Einführung der Fließfertigung in deutschen Betrieben zu informieren. Hierauf folgte eine Flut von Veröffentlichungen in Büchern wie in Zeitschriften unter dem Stichwort "Fließarbeit".¹⁾ Nach der anfänglichen Begeisterung für die Fließfertigung bis etwa 1930 hat das Interesse an diesem Problem in Deutschland in den folgenden Jahren stark nachgelassen, vor allem bedingt durch die Wirtschaftskrise von 1930 - 1934.

In weiten Kreisen herrschte sogar die Überzeugung, die Fließfertigung "sei für die Krise verantwortlich, sie habe die Überproduktion überhaupt erst hervorgerufen".²⁾ In der wieder neu belebten Wirtschaft - also ab 1936 - ging man langsam und vorsichtig an die Einrichtung einer strengen Fließfertigung heran. "Wohl war die Aufstellung der Maschinen nach dem Flußprinzip geblieben, aber echte Fließ-

1) Vgl. Carnap, G.: a.a.O., S. 1. Als erste Veröffentlichungen sind zu nennen: Rieppel, P.: Fordbetriebe und Fordmethoden, München 1925; Vershofen, W.: Über das Verhältnis von technischer Vernunft und wirtschaftlicher Wertung - Ein Beitrag zum Problem des Fordismus, Bamberg 1925, von Gottl-Ottillienfeld, F.: Fordismus? Von Frederick W. Taylor zu Henry Ford, Jena 1925; Ford und Wir - Fünf Beiträge zur deutschen Umstellung, hrsg. vom Sozialen Museum in Frankfurt a.M., Berlin-Wien 1926; Pracht, G.: Von der Reihenfertigung zur Fließarbeit, Berlin 1926; Wollheim, G.: Theorie der Technik Fords, München 1926; Fließarbeit, Beiträge zu ihrer Einführung, hrsg. im Auftrage des Ausschusses für wirtschaftliche Fertigung beim Reichskuratorium für Wirtschaftlichkeit von F. Mäckbach und O. Kienzle, Berlin 1926; Schäfer, H.: Fließende Fertigung, Leipzig 1927

2) Lauke, H.: Für und Wider die Fließarbeit. In: Refa-Nachrichten, 9. Jg. (1956), S. 41 - 46, S. 42

arbeit wieder einzuführen, wo sie nicht ohnehin noch erhalten war, scheute man sich lange, selbst in der Rüstungsproduktion."¹⁾ Die Fließfertigung wird nur noch vereinzelt literarisch behandelt. Dies ist wohl vor allem darauf zurückzuführen, daß die Vorteile der Fließfertigung über- und die Bedeutung der Voraussetzungen für ihre Einführung unterschätzt wurden.²⁾ Erst zu Beginn der 40er Jahre erscheinen in Deutschland wieder zwei umfangreichere Veröffentlichungen über die Fließfertigung.³⁾

Nach 1945 fand die Frage der Fließfertigung erneut starke Beachtung in der Literatur, teilweise im Zusammenhang mit dem Problemkreis der Automatisierung.⁴⁾ In den letzten Jahren sind Veröffentlichungen über die Fließfertigung wieder etwas seltener geworden. Statt dessen erscheinen etwa seit dem Ende der 50er Jahre in verstärktem Maße Abhandlungen über die Anordnung von Produktionsmittel nach dem Prinzip der Fließfertigung unter dem Stichwort "Materialfluß im Industriebetrieb".⁵⁾

Wir wollen im folgenden kurz untersuchen, welche Erscheinungsformen der Fließfertigung im Verlauf ihrer literarischen Behandlung unterschieden werden. Prüfen wir zunächst die Veröffentlichungen aus der frühen Zeit: Wir stoßen dabei sehr bald auf eine Unterscheidung, die wie folgt gekennzeichnet wird: Es gibt eine Fließfertigung, die wir "als Selbstverständlichkeit bei einer großen Zahl chemischer Fabrikate finden", die sich auch auf die mechanische Industrie übertragen läßt, "d.h. auf die Industrie, die durch mechanisch-physikalische Bearbeitung von Rohma-

-
- 1) Lauke, H.: Für und Wider ..., a.a.O., S. 42. Unter "echter Fließarbeit" wird hier eine Fließfertigung mit zeitlich genauer Abstimmung der einzelnen Teilvorgänge verstanden.
 - 2) Vgl. Carnap, G.: a.a.O., S. 2
 - 3) Jung, O.: a.a.O. Fließfertigung in deutschen Maschinenfabriken, hrsg. vom Hauptausschuß Maschinen beim Reichsminister für Bewaffnung und Munition, Essen 1943
 - 4) Vgl. Nowak, G.: a.a.O., S. 3
 - 5) Vgl. Carnap, G.: a.a.O., S. 2

terialien und ihre Zusammensetzung neue Fabrikate erzeugt."¹⁾ Damit ist eine Grundunterscheidung angesprochen, die wir nach Schäfer als "natürlich bedingt" und "künstlich herbeigeführte Fließfertigung" bezeichnen,²⁾ die in der Folgezeit kaum beachtet wird. Man beschränkt sich in der Darstellung auf die Verhältnisse der künstlich herbeigeführten Fließfertigung.

1945 greift Pentzlin diesen Ansatz wieder auf und führt den Begriff der "verfahrenstechnischen Fließfertigung" in die Literatur ein.³⁾ Etwas später prägt Kalveram den Begriff der "Zwangslaufertigung", der sich in der Folgezeit allgemein durchgesetzt hat.⁴⁾ Diese Form der natürlich bedingten Fließfertigung wird zwar vielfach erwähnt, es fehlt jedoch lange an einer detaillierten Darstellung. Erst in jüngerer Zeit sind hierfür wesentliche Ansätze bei Kölbel/Schulze festzustellen.⁵⁾

Innerhalb des Bereichs der künstlich herbeigeführten Fließfertigung werden mehrere Erscheinungsformen der

-
- 1) Mittelstaedt, H.L.: Fließende Fertigung, Berlin 1927, S. 14; s. hierzu auch: Wallis, A.: a.a.O., S. 18 ff.
 - 2) Vgl. Schäfer, E.: Produktionswirtschaft und Absatzwirtschaft. In: ZfH N.F. 15. Jg. (1963), S. 537 - 548, S. 543
 - 3) Vgl. Pentzlin, K.: Rationelle Produktion, 1. Aufl. Gera 1945, S. 179 ff.
 - 4) Vgl. Kalveram, W.: Betriebstypische Untersuchungen. In: Beiträge zur Betriebswirtschaft, Heft 1, Wolfenbüttel 1948, S. 20 - 38, S. 26. Vgl. zu diesem Begriff auch: derselbe: Industriebetriebslehre, 7. Aufl., Wiesbaden 1960, S. 28 ff. Die Zwangslaufertigung wird beispielweise erwähnt bei Gutenberg, E.: Grundlagen der Betriebswirtschaftslehre, Erster Band: Die Produktion, 13. Aufl., Berlin - Heidelberg - New York 1967, S. 98; Mellerowicz, K.: Betriebswirtschaftslehre der Industrie, 2. Bd., 4. Aufl., Freiburg i. Br. 1958, S. 107 f.
 - 5) Vgl. besonders Kölbel, H./Schulze, J.: Die Abgrenzung chemischer Produktionstypen nach Leistungsprogramm, Fertigungsorganisation und Prozeßführung. In: Industrielle Organisation, 34. Jg. (1965), S. 149 - 162, S. 154 ff.; dieselben: Fertigungsvorbereitung in der chemischen Industrie, Wiesbaden 1967, S. 37 ff.

Fließfertigung unterschieden, die wir kurz anführen wollen. So spricht man je nach dem Auftreten der Fließfertigung innerhalb des Fertigungsablaufs von einer Fließfertigung bei der Teilefertigung und bei der Montage.¹⁾ Man unterscheidet außerdem Fließreihen, auf denen über einen längeren Zeitraum hinaus das gleiche Produkt gefertigt wird und solche, auf denen wechselweise mehrere verschiedene Erzeugnisse gefertigt werden können. Im letzten Fall spricht man auch von "Wechselreihen".²⁾ Eine weitere Unterscheidung betrifft die zeitliche Bindung des Ablaufs. Man fragt, ob die Arbeit in einer genau vorgeschriebenen Zeitspanne auszuführen ist oder ob der Arbeiter die Zeitdauer der Arbeitsoperationen bis zu einem gewissen Grade selbst bestimmen kann. Schließlich unterscheidet man nach der Art des Fördervorgangs, ob der Transport bei der Fließfertigung mit mechanischen Fördermitteln oder manuell vorgenommen wird. Bei mechanischen Fördermitteln kann das Fließband sich gleichmäßig oder ruckweise bewegen, die Ausführung der Arbeit kann auf dem laufenden Fließband vorgenommen werden oder das Produkt wird vom Band heruntergenommen und die Arbeit an einem festen Platz ausgeführt.³⁾

Damit haben wir die wesentlichen Formen der Fließfertigung, die zu Beginn der literarischen Erörterung unterschieden werden, ausgeführt. Prüfen wir kurz, ob in den Veröffentlichungen der jüngeren Zeit sich wesentliche Veränderungen gegenüber früher ergeben haben, so können wir ganz allgemein feststellen, daß die Erscheinungsformen der Fließfertigung, die man heute unterscheidet, im wesentlichen den früheren gleichen. So gehen z.B. Weidauer und Löwinger in

1) Vgl. z.B. Kienzle, O.: Begriffe für die Fließarbeit.
In: Fließarbeit. Beiträge zu ihrer Einführung ...
a.a.O., S. 25 - 28, S. 25 f.

2) Vgl. ebenda, S. 26

3) Vgl. Mittelstaedt, H.L.: a.a.O., S. 17 f.

ihrem Beitrag sehr ausführlich auf verschiedene Erscheinungsformen der Fließfertigung ein, die uns aber bereits seit langem bekannt sind.¹⁾ Auch in dem Beitrag von Nowak finden wir Unterscheidungen, die im Prinzip an die früheren anknüpfen.²⁾ Zwar finden wir vereinzelt Hinweise auf Mischformen der Fließfertigung, ohne daß dies aber im einzelnen erörtert wird.³⁾ Auch wenn wir die Veröffentlichungen der jüngsten Zeit heranziehen,⁴⁾ zeigt sich uns das gleiche Bild: Die Erscheinungsformen der Fließfertigung, die heute in der Literatur unterschieden werden, entsprechen im wesentlichen denen, die bereits vor etwa 40 Jahren bekannt waren.

Zusammenfassend können wir die Art und Weise der Behandlung der Fließfertigung und ihrer Erscheinungsformen in der Literatur wie folgt verdeutlichen:

1. Die Literatur beschränkt sich bei ihrer Erörterung auf den Bereich der mechanischen Industrie, Betriebe mit natürlich bedingter Fließfertigung werden so gut wie nicht beachtet.
2. Innerhalb dieses Bereiches beschränkt sie sich auf Industriebetriebe, in denen das Endprodukt aus mehreren Einzelteilen zusammengebaut wird, wie z.B. im Fahrzeug- und Apparatebau, ohne diese Tatsache jedoch immer ausdrücklich zu erwähnen.⁵⁾

1) Vgl. Weidauer, R./Löwinger, H.: Begriffsbestimmungen der Arten und Formen der Fließfertigung. In: Fertigungstechnik, 8. Jg. (1958), S. 485 - 490

2) Vgl. Nowak, G.: a.a.O., S. 8 ff.

3) Vgl. z.B. Kalveram, W.: Industriebetriebslehre, a.a.O., S. 34; Ellinger, Th.: Ablaufplanung, Stuttgart 1959, S. 82

4) Vgl. z.B. Hennig, K.W.: Betriebswirtschaftslehre der industriellen Erzeugung, Wiesbaden 1960, S. 62 ff; Beste, Th.: Fertigungswirtschaft und Beschaffungswesen. In: HdW, Bd. I, 2. Aufl. Köln und Opladen 1966 S. 115 - 275, S. 147 ff.; Wöhe, G.: Einführung in die Allgemeine Betriebswirtschaftslehre, 7. Aufl., Berlin und Frankfurt a.M. 1967, S. 188 f; Schmidt, J.: Fließfertigung. In: Ökonomisches Lexikon, Bd. I., Berlin 1967, S. 667 - 669

5) Vgl. a. Waffenschmidt, W.: Technik und Wirtschaft der Gegenwart, Berlin - Göttingen - Heidelberg 1952, S. 152

3. Aus diesem bereits sehr eingeeengten Bereich industrieller Fertigung wird in fast allen Fällen nur eine bestimmte Erscheinungsform der Fließfertigung herausgegriffen, nämlich die vollkommene Fließfertigung. Damit wird in dreifacher Weise bei der Behandlung der Erscheinungsformen der Fließfertigung eine Einengung vorgenommen.

C) Problemstellung und Gang der Untersuchung

Es mag zu Beginn der Entstehung der Fließfertigung eine geringe Zahl von Erscheinungsformen gegeben haben, denn "in dieser Anfangszeit führte man Fließarbeit tatsächlich nur ein, mit einer weitgehend genauen Abstimmung der Zeiten aller Arbeitsgänge. In den Betrieben wurde nicht eher geruht, als bis man zu befriedigenden Zeitangleichungen für alle Arbeitsverrichtungen kam."¹⁾ So wird die Art ihrer literarischen Behandlung in der Frühzeit verständlich. Aber nach dem Ende des 2. Weltkrieges und besonders in den letzten 10 Jahren haben sich in den Betrieben vielfältige Erscheinungsformen der Fließfertigung herausgebildet, die in der Literatur bisher noch keinen Niederschlag gefunden haben.

Aufgabe dieser Arbeit ist es, diesem eben beschriebenen Tatbestand Rechnung zu tragen und zu versuchen, die Vielzahl der Erscheinungsformen der Fließfertigung aufzuzeigen. So werden wir einmal die natürlich bedingte Fließfertigung in unsere Erörterung einbeziehen. Daneben sollen viele Bereiche der künstlich herbeigeführten Fließfertigung berücksichtigt werden, wir wollen also auch die Einseitigkeit der bisherigen Betrachtung in dieser Hinsicht fallen lassen, mag sie auch noch so verständlich sein, weil die Gruppe der zusammenbauenden Betriebe besonders groß ist und weil "sich die technisch-organisatorischen Fortschritte, die die breite Öffentlichkeit beschäftigen, vor allem in diesem Bereich abspielten."²⁾ Schließlich,

1) Lauke, H.: Für und Wider ..., a.a.O., S. 41

2) Schäfer, E.: Die Massenfertigung und ihre absatzwirtschaftlichen Voraussetzungen. In: VDI-Zeitschrift, 100. Jg. (1958), S. 670 - 675, S. 672

und darin sehen wir unsere Hauptaufgabe, wollen wir den Differenzierungen des Prinzips der Fließfertigung, die sich in der Praxis herausgebildet haben, nachgehen. Es soll also nicht nur die reine, vollkommene Form der Fließfertigung dargestellt werden, wir wollen vor allem auf die Übergangs- und Mischformen hinweisen, wobei es sich um mehr oder weniger unvollkommene Erscheinungsformen der Fließfertigung handelt. Hier liegt dann in der Regel eine Kombination von Prinzipien der Fließfertigung und der Werkstattfertigung vor.

Wollen wir nun die vielfältigen Erscheinungsformen der Fließfertigung erfassen, muß ein Weg gefunden werden, um sie näher kennzeichnen zu können. Wir werden hierfür eine Reihe von Merkmalen verwenden, mit deren Hilfe wir die Erscheinungsformen im einzelnen kennzeichnen, um so ein gewisses Bild der verschiedenen Ausprägungen des Prinzips der Fließfertigung zu erhalten.

Unsere Aufgabe besteht somit zunächst darin, Merkmale zu finden, die geeignet sind, die verschiedenartigen Erscheinungsformen der Fließfertigung deutlich zu machen.¹⁾ Sie sind darzustellen, in ihren Ausprägungen zu beschreiben und dann zur Charakterisierung der verschiedenen Erscheinungsformen heranzuziehen.

Erich Schäfer hat für die Charakterisierung von Industriebetrieben ein mehrstufiges System von Merkmalen entworfen, das die Grundlage unserer Arbeit bilden wird. Er geht dabei aus von allgemeinen Merkmalen der technisch-ökonomischen Struktur und gelangt dann über Merkmale des Fertigungsaufbaus zu den spezielleren Merkmalen des Ablaufs der Fertigung.²⁾

-
- 1) Häufig werden Merkmale herangezogen, die nur sekundäre Bedeutung haben und somit für die Bildung grundlegender Erscheinungsformen der Fließfertigung nicht ausreichen, wie beispielsweise die Art der Fördervorgänge.
 - 2) Vgl. Schäfer, E.: Dankrede anlässlich der Ehrenpromotion an der TU Berlin. In: Verleihung der Ehrendoktorwürde der TU Berlin an die Herren Professor Dr. Schäfer und Wirtschaftsprüfer Rätisch, hrsg. vom Rektor und Senat der TU Berlin, o.O., o.J. (Berlin 1959), S. 20 -23, S. 21 ff.; s.a. Riebel, P.: Typen der Markt- und Kundenproduktion in produktions- und absatzwirtschaftlicher Sicht. In: ZfbF N.F. 17. Jg. (1965), S. 663 - 685, S. 664 f.

Wir werden zunächst einige Merkmale der technisch-ökonomischen Struktur des Industriebetriebs behandeln, die geeignet sind, die industriellen Verhältnisse, bei denen die verschiedenen Erscheinungsformen der Fließfertigung auftreten, näher zu kennzeichnen. Das Fertigungssystem stellt innerhalb des "Merkmalskatalogs" von Schäfer ein Merkmal des Fertigungsaufbaus dar. So werden wir die verschiedenen Ausprägungen des Fertigungssystems daran anschließend behandeln, wobei wir der Fließfertigung besondere Aufmerksamkeit schenken (2.Kapitel).

Um die verschiedenen Erscheinungsformen der Fließfertigung kennzeichnen zu können, bilden wir zwei verschiedene Gruppen von Merkmalen. Die erste betrifft die Träger der Fertigung, wir fragen dabei nach Merkmalen, die den Menschen oder das Produktionsmittel charakterisieren. Die zweite Gruppe betrifft Merkmale des Fertigungsablaufs. Es sind Merkmale, welche die räumliche und zeitliche Zuordnung der Träger der Fertigung zueinander kennzeichnen. Sie sind in ihren verschiedenen Ausprägungen im einzelnen zu behandeln (3.Kapitel).

Damit haben wir die Grundlagen geschaffen, um die zahlreichen Erscheinungsformen der Fließfertigung, die uns in der Wirklichkeit begegnen, zu charakterisieren. Wir werden zunächst die beiden Hauptgruppen der Fließfertigung, die "natürlich bedingte" und die "künstlich herbeigeführte Fließfertigung" erörtern und anschließend die jeweiligen Erscheinungsformen zunächst an einem praktischen Beispiel darstellen und sie dann mit Hilfe der Merkmale kennzeichnen (4. Kapitel).

Die Fließfertigung tritt nur in seltenen Fällen in den Betrieben vom Anfang bis zum Ende der Fertigung auf. Wir haben daher zu untersuchen, wie groß ihre Reichweite sein kann. Dabei unterscheiden wir zwei verschiedene Aspekte, und zwar betrachten wir einmal den Grad der Verwirklichung der Fließfertigung nach dem Fertigungsablauf eines Produkts (vertikaler Aspekt), zum anderen nach der Produktbreite, ob nur eines, mehrere oder sogar alle Produkte in Fließfertigung hergestellt werden (horizontaler Aspekt).

Dabei haben wir auch kurz einzugehen auf das Zusammenwirken der Fließfertigung mit anderen Fertigungssystemen sowie auf das Zusammenwirken mehrerer Erscheinungsformen der Fließfertigung (5. Kapitel).

2. Kapitel: Merkmale zur Charakterisierung von Industriebetrieben

A) Einleitung

Die charakteristische Aufgabe eines Industriebetriebs besteht darin, verkäufliche Güter zu produzieren. Die Produktion ist somit eine Grundfunktion des Industriebetriebs, sie stellt allgemein den Kern des industriellen Betriebs dar. Unter Einsatz technischer Mittel werden Stoffe auf wirtschaftliche Weise gewonnen und verarbeitet, um Konsumgüter oder Produktionsmittel zu erzeugen.¹⁾

"Production consists of combining and manipulating men, materials and machines."²⁾ Diese Aussage erklärt jedoch nur die technische Seite der Produktion. Denn Produktion im ökonomischen Sinn ist nicht nur die Kombination von Produktionsfaktoren, sondern auch das "Planen und Steuern auf eine marktlich sinnvolle Leistung".³⁾ Die Funktionen des Industriebetriebs beschränken sich somit nicht allein auf die Produktion, erforderlich ist daneben die Abstimmung der Fertigung mit den Gegebenheiten des Marktes, und zwar sowohl des Beschaffungs- und des Absatzmarktes als auch des Arbeitsmarktes. Denn jeder Industriebetrieb ist in das Marktgeschehen eingebettet.⁴⁾ Nicht weniger wichtig ist die Lösung von finanzwirtschaftlichen Problemen, um einen reibungslosen Ablauf aller Vorgänge im Industriebetrieb zu gewährleisten.

Diese verschiedenen Funktionen - Beschaffung, Produktion, Absatz und Finanzierung - stehen in einem ganz besonderen

1) Vgl. Dolezalek, C.M./Ropohl, H.: Ansätze zu einer produktionswissenschaftlichen Systematik der industriellen Fertigung. In: VDI-Zeitschrift, 109. Jg. (1967), S. 636 - 640, 715 - 721, S. 636

2) Shubin, J./Madeheim, H.: Plant Layout, New York 1951, S. 108

3) Schäfer, E.: Produktionswirtschaft ..., a.a.O., S. 548

4) Vgl. Linhardt, H.: Grundlagen der Betriebsorganisation, Essen 1954, S. 35

Verhältnis zueinander. Es gibt kaum ein betriebliches Problem, das nicht unter dem Produktionsaspekt als auch dem marktlichen und finanziellen Gesichtspunkt zu durchdenken ist. "Dabei gehören produktionswirtschaftlicher und marktlicher, insbesondere absatzökonomischer Aspekt enger zusammen. Sie stehen beide als (konkrete) leistungswirtschaftliche Komponenten des Betriebsgeschehens dem (abstrakten) finanzwirtschaftlichen Aspekt gegenüber."¹⁾ Der Industriebetrieb stellt eine ökonomische Einheit dar, in der diese Funktionen nicht isoliert nebeneinander stehen, sondern wechselseitig ineinander übergreifen.²⁾

In unseren weiteren Ausführungen wollen wir nur die Produktion des Industriebetriebs näher betrachten, wobei wir aus den verschiedenen Teilfunktionen der Produktion nur die Fertigung im eigentlichen Sinne, die "Produktionsdurchführung", ins Auge fassen.³⁾

B) Allgemeine Merkmale der technischen-ökonomischen Struktur des Industriebetriebs

I. Die vorherrschende Technologie

Es lassen sich Betriebe mit vorherrschend mechanisch-technologischen und solche mit chemisch-technologischen Verfahren unterscheiden. "Die mechanisch-technologischen Verfahren formen gegebene Werkstoffe durch Einwirken äußerer Kräfte in ihrer Gestalt um, ohne daß dabei die Substanz der Ausgangsstoffe als solche verändert wird."⁴⁾

- 1) Schäfer, E.: Grundfragen der Betriebswirtschaftslehre. In: HdW, Bd. I, 2. Aufl., Köln und Opladen 1966, S. 11 - 42, S. 32; vgl. zu den Beziehungen zwischen Produktions- und Finanzbereich z.B. Schneider, D.: Grundlagen einer finanzwirtschaftlichen Theorie der Produktion. In: Produktionstheorie und Produktionsplanung, Festschrift zum 65. Geburtstag von Karl Hax, Köln und Opladen 1966, S. 341 - 382, S. 341 ff.
- 2) Vgl. Schäfer, E.: Grundfragen ..., a.a.O., S. 34 f
- 3) Vgl. zur Aufgliederung des produktionswirtschaftlichen Funktionsbereiches: Schäfer, E.: Die Unternehmung, 6. Aufl., Köln und Opladen 1966, S. 171
- 4) Riebel, P.: Mechanisch-technologische und chemisch-technologische Industrien in ihren betriebswirtschaftlichen Eigenarten. In: ZfHf N.F. 6. Jg. (1954), S. 413 - 435, S. 413

Die große Zahl von Verfahren zur Formänderung der verschiedenartigsten Werkstoffe läßt sich in drei Gruppen gliedern:

1. Verfahren der abtrennenden und abhebenden Formgebung:
z.B. Schneiden, Stanzen, Hobeln, Fräsen, Drehen, Schleifen.
2. Verfahren der umbildenden Formgebung: z.B. Gießen, Spritzen, Walzen, Pressen, Ziehen, Schmieden.¹⁾

Diese beiden Verfahrensgruppen unterscheiden sich dadurch, "wie das gegebene Formbild oder die bestehende Formvorschrift auf den Werkstoff übertragen wird. Hierbei kann man zwei verschiedene Grenztypen unterscheiden ... nämlich:

1. punktuell-fortschreitende Formgebungsverfahren und
2. total-momentane Formgebungsverfahren."²⁾

Bei der punktuell-fortschreitenden Formgebung wird die Formänderung durch das Aneinanderreihen mehrerer Vorgänge des jeweiligen Verfahrens erreicht. Man bedient sich dabei eines Werkzeugs, dessen Form nicht mit der des geplanten Werkstücks übereinstimmt. Man muß daher, um die gewünschte Form zu erreichen, das Werkzeug in einer ganz bestimmten Art und Weise gegenüber dem Werkstück führen.³⁾

Bei der total-momentanen Formgebung dagegen ist das Werkzeug formspezialisiert, es enthält die zu erzeugende Form ganz oder teilweise, meist als Negativ, wie z.B. bei einem Stanzwerkzeug. Ein weiterer wesentlicher Unterschied zwischen diesen beiden Gruppen liegt in der Dauer der Stückzeiten. Die total-momentan wirkenden Verfahren weisen im Vergleich zu der punktuell-fortschreitenden Formgebung eine erheblich kürzere Stückzeit auf.⁴⁾

Zu den mechanischen Verfahren gehören schließlich die

1) Vgl. Riebel, P.: Mechanisch-technologische ..., a.a.O., S. 413

2) Derselbe: Industrielle Erzeugungsverfahren in betriebswirtschaftlicher Sicht, Wiesbaden 1963, S. 39

3) Vgl. ebenda, S. 39

4) Vgl. ebenda, S. 40

Verfahren des Zusammenfügens. Dabei werden mehr oder weniger vorgeformte Teile gleicher oder verschiedenartiger Substanz verbunden, wie z.B. beim Spinnen, Weben, Verseilen, oder es werden Aggregate zu größeren Komplexen zusammengefügt, wie z.B. Schweissen, Löten, Nähen.¹⁾

Im Gegensatz zu den mechanisch-technologischen Verfahren, bei denen Güter durch Stoffumformung erzeugt werden,²⁾ bewirken chemisch-technologische Verfahren eine stoffliche Umwandlung der Ausgangsmaterialien, die erfolgt durch Aufspaltung, Vereinigung oder Umgruppierung atomarer Verbindungen, die eine Änderung der Stoffe in ihrem inneren Aufbau bewirken.³⁾ Zu den chemischen Verfahren im weiteren Sinn rechnet man außerdem die physikalischen Verfahren, welche die Trennung und Bildung von Stoffgemischen bewirken, ohne daß dabei eine Änderung der beteiligten chemischen Verbindungen erfolgt.⁴⁾ Die Stoffe erfahren jedoch auch hier eine Umwandlung, da physikalische Eigenschaften, wie Aggregatzustand usw., sich ändern.⁵⁾ Die physikalische Umwandlung kann mit Hilfe mechanischer oder thermischer Kräfte vorgenommen werden. Beispiele für mechanisch-physikalische Verfahren sind Mischen, Zerkleinern, Filtrieren, Zentrifugieren. Destillieren, Absorbieren zählt man dagegen zu den thermisch-physikalischen Verfahren. In der Wirklichkeit treten physikalische und chemische Verfahren häufig gemischt in einem Betrieb auf.⁶⁾

1) Vgl. Riebel, P.: Mechanisch-technologische ..., a.a.O., S. 413 f.

2) Vgl. Henglein, F.A.: Grundriß der chemischen Technik, 8. Aufl., Einheim 1954, S. 1

3) Vgl. Hoppmann, H.: Die rationelle Gestaltung der chemisch-technischen Produktion, Berlin 1934, S. 20

4) "Nach der gegenwärtig herrschenden Meinung gliedert sich die Allgemeine chemische Technologie in zwei große Gebiete, nämlich in die chemische Reaktionstechnik und in die Verfahrenstechnik oder Lehre von den physikalischen Grundverfahren." Kölbel, H./Schulze, J.: Schwerpunkte in der Entwicklung der modernen Chemischen Technologie. In: Kautschuk und Gummi, Kunststoffe 17. Jg. (1964) S. 237 - 248, S. 238, s.a. Riebel, P.: Industrielle ..., a.a.O., S. 30 f

5) Vgl. Riebel, P.: Die Kuppelproduktion, Betriebs- und Marktprobleme, Köln und Opladen 1955, S. 33 f.

6) Vgl. Ellinger, Th.: Ablaufplanung, a.a.O., S. 20

II. Art der Stoffverwertung

Wir können Industriebetriebe mit zerlegender bzw. analytischer, zusammenfassender bzw. syntetischer sowie durchlaufender Stoffverwertung unterscheiden.¹⁾

Analytische Stoffverwertung liegt vor, wenn bei der Fertigung von einem Rohstoff ausgegangen wird und dieser in mehrere Produkte zerlegt wird. Wir finden sie besonders bei naturnahen Zweigen mit chemischer Technologie, beispielsweise im Gaswerk und in der Erdölraffinerie. Betriebe mit analytischer Stoffverwertung finden wir aber auch dort, wo die mechanische Technologie vorherrschend ist, z.B. im Sägewerk und im Schlachthausbetrieb.

Bei synthetischer Stoffverwertung werden mehrere Ausgangsstoffe, seien es geformte Einzelteile oder formlose Substanzen, zu einem neuen Erzeugnis verbunden.²⁾ Die Synthese kann dabei auf zwei verschiedene Arten erfolgen. Das Zusammenfügen geht sukzessive vor sich, es wird fortlaufend ein Teil an ein noch unfertiges Produkt angefügt. Diesen Fall finden wir vor allem bei der Montage von geformten Teilen, wie z.B. in Maschinenfabriken, Betrieben für den Bau von Apparaten aller Art sowie in Bekleidungs- und Schuhfabriken. Im zweiten Fall dagegen werden die Stoffe, die vereinigt werden sollen, auf einmal zusammengegeben, was besonders bei physikalischen Verfahren auftritt, z.B. beim Mischen in Margarine-, Arzneimittel- oder Lackfabriken.

Bei der durchlaufenden Stoffverwertung geht in den Prozeß der Fertigung im wesentlichen nur ein Rohstoff oder ein Teil ein, das wiederum nur zu einem Erzeugnis umgeformt oder umgewandelt wird.³⁾ Betriebe mit durchlaufender Stoffverwertung sind häufig bei der Halbzeugherstellung sowie bei der Stoffveredlung zu finden.

-
- 1) Vgl. Schäfer, E.: Die Aufgabe der Absatzwirtschaft, 2. Aufl., Köln und Opladen 1950, S. 36 ff.
 - 2) Vgl. Schäfer, E.: Produktionswirtschaft ..., a.a.O., S. 543; Riebel, P.: Die Kuppelproduktion ..., a.a.O., S. 139 ff.; Weber, H.: Die Planung in der Unternehmung, Berlin 1963, S. 104 f.
 - 3) Vgl. Riebel, P.: Industrielle ..., a.a.O., S. 56

Oft finden wir nicht nur eine Art der Stoffverwertung in einem Industriebetrieb verwirklicht. So folgt manchmal auf eine Stufe mit analytischer oder durchlaufender Stoffverwertung ein Abschnitt mit synthetischer Stoffverwertung. Oder wir finden in der ersten Stufe der Fertigung eine Synthese von Materialien und im zweiten Abschnitt eine durchlaufende Stoffverwertung.¹⁾

III. Grad der Verwirklichung des Massenprinzips²⁾

Wir können zunächst zwei Gruppen von Industriebetrieben unterscheiden: Betriebe mit Massenfertigung und mit Einzelfertigung. Zwischen diesen beiden Polen sind die Sorten- und die Serienfertigung einzuordnen.³⁾

1) Vgl. Riebel, P.: Industrielle ..., a.a.O., S. 56

2) Schäfer unterscheidet als weitere Merkmale der technisch-ökonomischen Struktur des Industriebetriebes: Stellung im Wirtschaftsablauf - Grad und Richtung der Spezialisierung des Betriebes - Art der Verknüpfung von Fertigung und Absatzmarkt (Markt- oder Kundenproduktion). Auf diese Merkmale wollen wir weiter nicht eingehen.

Vgl. zur Stellung im Wirtschaftsablauf: Schäfer, E.: Die Unternehmung, a.a.O., S. 10. Die Arten der Marktbeziehungen werden ausführlich dargestellt bei Riebel, P.: Typen der Markt- und Kundenproduktion ..., a.a.O., S. 666 ff. Vgl. zum Merkmal der Spezialisierung des Betriebes: Schäfer, E.: Betriebswirtschaftliche Marktforschung, Essen 1955, S. 76 f.; derselbe: Produktionswirtschaft ..., a.a.O., S. 545 f.

3) Vgl. Hax, K.: Industriebetrieb ..., a.a.O., S. 246; s. dazu auch beispielweise: Kortzfléisch von, G.: Betriebswirtschaftliche Arbeitsvorbereitung, Berlin 1962, S. 63 ff; Beste, Th.: Fertigungsverfahren. In: HdB, Bd. I, 3. Aufl., Sp. 1764 - 1774, Sp. 1766 ff.

Teilweise werden die Partie- und Chargenfertigung als Sonderfälle mit angeführt, so z.B. bei Nowak, P.: Bestimmung ..., a.a.O., S. 494; Mellerowicz, K.: Betriebswirtschaftslehre der Industrie, 2. Band, 4. Aufl., Freiburg 1958, S. 98 ff. Diese beiden Begriffe liegen jedoch auf einer anderen Betrachtungsebene: Vgl. dazu, sowie zur weiteren begrifflichen Klärung und Einordnung: Riedelbauch, H.: Die fertigungswirtschaftliche Problematik der Partie- und Chargenfertigung, Diss., Frankfurt a.M. 1956, S. 47 ff.

Bei den Betrieben mit Massenfertigung lassen sich solche mit einheitlicher, zeitlich gleichbleibender und solche mit zeitlich wechselnder Massenfertigung unterscheiden. Im ersten Fall wird nur ein einziges Produkt hergestellt, ohne daß jeweils ein Wechsel eintritt. Im zweiten Fall erfolgt innerhalb gewisser Zeitabstände eine Änderung des Programms, indem ein anderes aber fast gleichartiges Produkt gefertigt wird, ohne daß die Produktionsmittel in nennenswerter Weise umgestellt werden müssen.¹⁾

Bei Betrieben mit Einzelfertigung handelt es sich um individuelle Leistungen, die mehr oder minder große Verschiedenheiten aufweisen und sich in der Regel nicht wiederholen.²⁾ Beispiele dafür treten besonders bei Betrieben mit mechanischer Technologie auf.

Die Serien- und die Sortenfertigung unterscheiden sich weniger durch die Zahl der verschiedenen Produkte, die innerhalb eines gewissen Zeitabschnitts erzeugt werden, als durch die Häufigkeit und Planmäßigkeit des Leistungswechsels.³⁾ "In den Betrieben mit Sortenleistungen werden die in ihnen erstellten Produkte nach Gattung, Art, Abmessung, Qualität usw. genau festgelegt, so daß andere als diese genau umschriebenen Erzeugnisse nicht hergestellt werden. Die Betriebe arbeiten also nach festen Sortenprogrammen, welche ... in mehr oder minder langen Zeitabständen Änderungen unterworfen werden."⁴⁾

-
- 1) Kölbel und Schulze zählen zur Massenfertigung auch die Betriebe, bei denen gleichzeitig eine meist größere Anzahl von Produkten hergestellt wird, also die Betriebe mit Kuppelproduktion. Sie wird als "gleichzeitige oder simultane Massenfertigung" bezeichnet. Vgl. Kölbel, H./Schulze, J.: Die Abgrenzung ..., a.a.O., S. 150
 - 2) Vgl. z.B. Huber, S.: Der Industriebetrieb, 3. Aufl., Zürich 1948, S. 5; Th. Ellinger differenziert weiter zwischen einmaliger, erstmaliger und wiederholter Einzelfertigung, vgl. Ellinger, Th.: Ablaufplanung, a.a.O., S. 71 ff.
 - 3) Vgl. Kölbel, H./Schulze, J.: Die Abgrenzung ..., a.a.O., S. 150
 - 4) Huber, S.: a.a.O., S. 6

Die verschiedenen Sorten sind miteinander verwandt, weil sie auf demselben Ausgangsmaterial basieren oder/und auf derselben Anlage erzeugt werden.¹⁾ Die Unterschiede zwischen den verschiedenen Sorten sind im wesentlichen nicht fertigungstechnischer Art, sie werden herbeigeführt durch eine Veränderung der Zusammensetzung der Bestandteile oder der Größenabmessungen der Produkte, die durch Verstellen an den Aggregaten meist leicht herbeizuführen sind.²⁾

Bei der Serienfertigung handelt es sich um die Herstellung von Produkten, die häufig neu konstruiert und gestaltet werden müssen, sie unterscheiden sich fertigungstechnisch meist sehr erheblich voneinander.³⁾ Die Betriebe mit Serienfertigung sind auch oft nicht auf ein genau umrissenes Programm festgelegt, bei ihnen werden im voraus nur die Grenzen des Fertigungsprogramms festgelegt. Die letzten Einzelheiten der Produkte werden oft erst von Fall zu Fall mit dem Kunden abgesprochen. Bei Serienfertigung ist eine Veränderung des Produkts innerhalb eines kürzeren Zeitraums vielfach anzutreffen, während bei Sortenfertigung eine gewisse Konstanz der Produkte gegeben ist.⁴⁾ Die Grenzen zwischen Sorten- und Serienfertigung sind nicht immer einfach zu ziehen, besonders bei der Großserienfertigung ist der Unterschied oft nicht eindeutig.⁵⁾

1) Vgl. Hax, K.: Industriebetrieb ..., a.a.O., S. 246; vgl. außerdem zum Begriff der Sorten: Wolter, A.M.: Das Problem der Wirtschaftlichkeit bei der industriellen Sortenfertigung. In: ZfhF 31. Jg. (1937), S. 331 - 356, 374 - 402, 426 - 442, S. 331 ff.

2) Vgl. Kölbel, H./Schulze, J.: Die Abgrenzung ..., a.a.O., S. 150

3) Vgl. ebenda, a.a.O., S. 150

4) Vgl. Heber, A./Nowak, P.: Betriebstyp und Abrechnungstechnik in der Industrie. In: Festschrift für Eugen Schmalenbach, Leipzig 1933, S. 141-172, S. 150 ff.

5) Vgl. Hax, K.: Industriebetrieb ..., a.a.O., S. 247

Es ist aber darauf hinzuweisen, daß der Begriff der Serienfertigung nicht für den gesamten Bereich der industriellen Fertigung Verwendung finden kann. Er ist eindeutig mit dem Stückbegriff der mechanischen Produktionstechnik verbunden und kann auf andere Industriezweige kaum angewendet werden.¹⁾

Abschließend wollen wir darauf hinweisen, daß die genannten Arten der Verwirklichung des Massenprinzips nur in besonderen Fällen durchgehend in einem Betrieb auftreten. Im allgemeinen finden wir eine Differenzierung vor, so werden beispielsweise in vielen Betrieben mit synthetischer Stoffverwertung und mechanischer Technologie die Einzelteile in Serienfertigung hergestellt, während die Montage des Fertigungsprodukts in zeitlich wechselnder Massenfertigung erfolgt.²⁾

c) Das Fertigungssystem als Merkmal des Fertigungsaufbaus

I. Der Begriff Fertigungssystem³⁾

Das Fertigungssystem ist ein Kennzeichen der Art und Weise des Aufbaus der industriellen Fertigung. Wir verstehen

-
- 1) Vgl. Schäfer, E.: Die Massenfertigung ..., a.a.O., S. 671; s.a. Kölbel, H./Schulze, J.: Die Abgrenzung ..., a.a.O., S. 153.
 - 2) Vgl. Hax, K.: Industriebetrieb ..., a.a.O., S. 247
 - 3) Dieses Merkmal findet sich relativ häufig in der betriebswirtschaftlichen Literatur, jedoch unter den verschiedensten Bezeichnungen. Z.B. "Arbeitstypen vom organisatorischen Standpunkt" vgl. Pentzlin, K.: Rationelle Produktion, 2. Aufl., Kassel 1950, S. 155; "Organisationstypen der Produktion" vgl. Mellerowicz, K.: Betriebswirtschaftslehre ..., a.a.O., S. 102; "organisatorische Fertigungsverfahren" vgl. Kern, W.: Die Messung industrieller Fertigungskapazitäten und ihrer Ausnutzung, Köln und Opladen 1962, S. 72; "Fertigungsverfahren" z.B. Gutenberg, E.: a.a.O., S. 96; "Fertigungsformen" z.B. Wrba, M.: Industrielle Betriebswirtschaft und praktische Betriebsführung, München 1949, S. 36; "Fertigungsprinzipien" vgl. Merbach, H.: Leitfaden der Analyse des innerbetrieblichen Transports, Berlin 1961, S. 42.
In der amerikanischen Literatur findet sich der Begriff "production system" häufiger. Vgl. beispielsweise Buffa, E.S.: Modern Production Management, 2. Aufl., New York - London - Sydney - Tokio 1965, S. 399

darunter die Anordnung von Produktionsmitteln und Arbeitsplätzen nach einem bestimmten Prinzip (Schäfer). Dieses Merkmal charakterisiert den räumlichen Aufbau der verschiedenen Fertigungsstellen und ihren funktionalen Zusammenhang innerhalb des gesamten Fertigungsgeschehens. "Über den Durchlauf ... der Werkstücke bezüglich der Zeit sagt dieser Begriff nichts aus."¹⁾ Das Vorliegen eines Fertigungssystems bedeutet, daß der Fertigungsbereich insgesamt oder teilweise nach einem einheitlichen Prinzip angelegt ist.²⁾ Es erscheint uns wichtig, zu betonen, daß nur in seltenen Fällen ein bestimmtes Prinzip für alle Stufen der Fertigung maßgebend ist. In den meisten Fällen können wir eine Kombination der verschiedenen Prinzipien feststellen; es handelt sich also in der Regel um ein Zusammenwirken von mehreren Fertigungssystemen im Industriebetrieb.

Die verschiedenen Fertigungssysteme lassen sich zu zwei größeren Gruppen zusammenfassen, je nach dem Weg der Erzeugnisse durch den Betrieb. Hier können wir folgende Möglichkeiten unterscheiden.: "Wird das Erzeugnis durch den Betrieb bewegt, liegt also bewegliche Fertigung vor, so ist sein Weg durch den Standort der Produktionsmittel und Arbeitsplätze bestimmt, an denen es vorbeigeführt werden muß."³⁾ In diesem Fall wollen wir von einem Ferti-

1) Vgl. Hinsel, D.: a.a.O., S. 9. Das Kriterium der räumlichen Anordnung wird von den meisten Autoren zugrundegelegt. Besonders hinzuweisen ist aber auf die davon abweichende Meinung von Gutenberg, der als Kriterium "die Art und Weise, wie die einzelnen Produktionsphasen zu 'fertigungstechnischen Einheiten' verbunden werden," zugrundelegt. Vgl. Gutenberg, E.: a.a.O., S. 96 ff.

2) Vgl. Riebel, P.: Industrielle ..., a.a.O., S. 18. Auf den Fall, daß die Anordnung von Produktionsmitteln ohne ein bestimmtes Prinzip erfolgt, wollen wir kurz hinweisen. Hinsel spricht dabei von "unsausgerichteten Fertigungssystem". Vgl. Hinsel, D.: a.a.O., S. 62 f.: s. dazu auch Dolezalek, C.M./Ropohl, G.: Ansätze ..., a.a.O., S. 717; Carnap, G.: a.a.O., S. 21

3) Beste, T.: Fertigungswirtschaft ..., a.a.O., S. 147

gungssystem mit Fortschreiten des Produkts sprechen. Hierzu gehören die Werkstatt- und die Fließfertigung. Erfährt dagegen das Produkt während der Fertigung - ganz oder auch teilweise - keine räumliche Veränderung, können wir in entsprechender Weise von einem Fertigungssystem ohne Fortschreiten des Produkts sprechen.¹⁾ Hierzu gehören Werkbank-, Baustellenfertigung und anlagenzentrierte Fertigung.²⁾ In diesen Fällen kann man von einem Problem der Anordnung der Produktionsmittel und Arbeitsplätze kaum sprechen, da das Produkt an einer Stelle verbleibt. Dies erklärt auch, warum in der Literatur über organisatorische Fragen der Fertigungsanordnung ausschließlich die beiden Arten der Fertigungssysteme mit Fortschreiten des Produkts behandelt werden.³⁾

II. Fertigungssystem ohne Fortschreiten des Produkts

1. Die Werkbankfertigung

Bei der Werkbankfertigung sind das herzustellende Produkt, Werkzeuge und Materialien um den arbeitenden Menschen herum angeordnet (Schäfer). Es besteht keine oder nur geringe Arbeitsteilung, denn eine größere Anzahl von Ferti-

-
- 1) Zur gleichen Einteilung der Fertigungssysteme kommt auch Fischer, H.: Versuch einer betriebswirtschaftlichen Systematik der Erzeugungssysteme. In: Der österreichische Betriebswirt, 18. Jg. (1968), S. 39 - 57, S. 47
 - 2) Dolezalek und Ropohl sprechen hier allgemein von einer "punktuellen Anordnung". Vgl. Dolezalek, C.M./Ropohl, G.: Ansätze ..., a.a.O., S. 717; Da das Erzeugnis nicht bewegt wird und mehr oder weniger fest an der Fertigungsstelle verbleibt, spricht man recht treffend von einem "layout by fixed position" or "by fixed material location", wobei eigentlich nur an die Fälle der Werkbank- und der Baustellenfertigung gedacht wird. Vgl. z.B. Muther, R.: Practical Plant Layout, New York - Toronto - London 1955, S. 12 ff.; Timms, H.L.: The Production Function in Business, 2nd ed.; Illinois 1966, S. 351
 - 3) Vgl. z. B. Nordsieck, F.: Rationalisierung der Betriebsorganisation, 2. Aufl., Stuttgart 1955, S. 84 ff.; Hennig, K.W.: Betriebswirtschaftliche Organisationslehre, 3. Aufl., Berlin - Göttingen - Heidelberg 1957, S. 18 ff.; Bührs, H.: Organisation des Industriebetriebs, Wiesbaden 1963, S. 188 ff.

gungsverfahren wird in der Regel an einem Arbeitsplatz vollzogen, so daß die einzelnen Arbeiter unabhängig voneinander sind.¹⁾ Die Werkbankfertigung stellt das ursprüngliche Prinzip der Anordnung bei der Fertigung dar. Wesentlich ist, daß die wichtigsten Betriebsmittel im Griffbereich des arbeitenden Menschen angeordnet sind.²⁾

Wir finden dieses Prinzip besonders bei handwerklicher Fertigung, aber auch im Werkzeug- und Vorrichtungsbau und in Reparaturabteilungen von Industriebetrieben.³⁾ Werkbankfertigung tritt auch bei der Montage von Teilen zu einem Fertigprodukt auf, das in Einzel- oder Kleinserienfertigung hergestellt wird.⁴⁾

2. Die Baustellenfertigung

Die Baustellenfertigung wird charakterisiert durch eine ortsgebundene Bearbeitung des Werkstücks. Sie wird angewendet bei Erzeugnissen, welche gar nicht oder während der Herstellung nur schwer bewegt werden können.⁵⁾ Das Prinzip der Anordnung liegt darin, daß alle Werkzeuge, Maschinen, Arbeitskräfte um das fertigzustellende Erzeugnis herumgeordnet werden.⁶⁾ Es gibt dabei Erzeugnisse, die nur dort erstellt werden können, wo ihr endgültiger Standort sein soll, wie z.B. beim Häuser- und Brückenbau.

1) Vgl. Rössle, K.: Einführung in die Industriebetriebswirtschaftslehre, Leipzig 1931, S. 42

2) Vgl. Pentzlin, K.: Arbeitsrationalisierung, München 1954, S. 90

3) Vgl. Kalveram, W.: Industriebetriebslehre, a.a.O., S. 30

4) Dieser Fall, der in der Praxis relativ häufig vorkommt, wird in der Literatur nur wenig beachtet.

5) Vgl. Potthoff, E.: Unternehmensorganisation. In: HdW, Bd. I, 2. Aufl., Köln und Opladen 1966, S. 45 - 80, S. 54

6) Vgl. Muther, R.: Fabrikplanung. In: Handbuch des Industrial Engineering, hrsg. von H.B. Maynard, Bd. VII, Berlin - Köln - Frankfurt o.J., S. 30 - 91, S. 31

Aber auch bewegliche, meist schwere und umfangreiche Produkte werden nach diesem Prinzip zusammengebaut, etwa Lokomotiven, Schiffe, Turbinen. Den ersten Fall bezeichnet man als eigentliche oder äußere Baustellenfertigung, im Gegensatz zur betrieblichen oder inneren Baustellenfertigung.¹⁾

3. Die anlagenzentrierte Fertigung

Die anlagenzentrierte Fertigung ist ein Fertigungssystem, das -soweit wir sehen - in der Literatur nur wenig beachtet wird. Träger der Fertigung kann die menschliche Arbeitskraft oder das Produktionsmittel sein. Neben den Fällen, in denen eine Orientierung von Werkstück, Werkzeug etc. um den arbeitenden Menschen festzustellen ist (die wir als Werkbankfertigung bezeichnet haben) ., gibt es industrielle Verhältnisse, wo wir von einer Orientierung von Werkstück, Materialien, Werkzeugen und Vorrichtungen und von Arbeitskräften um ein Produktionsmittel herum sprechen können. Diesen Fall wollen wir als anlagenzentrierte Fertigung bezeichnen. Beispiele hierfür finden sich in Betrieben mit mechanischer und auch chemischer Technologie.

Ein Beispiel für eine anlagenzentrierte Fertigung bilden bei mechanischer Technologie numerisch gesteuerte Bearbeitungszentren. "Alle Operationen des Fertigungsprozesses werden ... an einem Fertigungsplatz unmittelbar nacheinander am gleichen Werkstück vorgenommen!"²⁾ Dabei steuert ein Lochstreifen "alle Maschinenbewegungen ... nach Zahlen, auch den Wechsel der Werkzeuge aus einem Magazin. Das viel-

1) Vgl. dazu auch Beste, Ta.: Fertigungswirtschaft ..., a.a.O., S. 150

2) Dolezalek, C.M./Ropohl, G.: Ansätze ..., a.a.O., S. 719
Sie bezeichnen diese Anordnung als eine Form der punktuellen Anordnung, vgl. S. 717

seitige Bearbeiten in einer Aufspannung spart Transporte. Die Transporteinrichtungen können sich auf die Eingabe des Roh- und die Abnahme des Fertigteils beschränken."¹⁾ Außer bei Bearbeitungszentren könnte man u.E. auch bei der Herstellung eines Produkts auf Fließarbeitsmaschinen von einer Anlagefertigung sprechen, wie z.B. bei der Herstellung von Schrauben auf dem sog. Boltmaker.²⁾

Weitere Beispiele finden wir in Betrieben mit chemischer Technologie, in denen die Reaktion in einer Ofenanlage abläuft. Bei der Erzeugung von Roheisen im Hochofen wird besonders deutlich, wie der Fertigungsvorgang sich innerhalb eines geschlossenen Produktionsmittels abspielt und wie Transportanlagen, Vorrichtungen und menschliche Arbeitskräfte um den Ofen herum angeordnet sind.³⁾ Ähnliche Verhältnisse dürften auch bei der Erzeugung von Karbid gegeben sein, möglicherweise auch bei der Herstellung von Phosphor.⁴⁾ Wir treffen eine anlagenzentrierte Fertigung aber auch bei physikalischen Vorgängen, so z.B. wenn ein Betrieb sich be-

1) Marx, H.J./Stute, G.: Automatisierung - die heutige Form der Rationalisierung im Industriebetrieb. In: VDI-Zeitschrift, 109. Jg. (1967), S. 1259 - 1266, S. 1263. Vgl. zum Bearbeitungszentrum auch: Wegemüller, H.: Entwicklungen im Werkzeugmaschinenbau, In: Industrielle Organisation, 35. Jg. (1966), S. 387 - 402, S. 393 f. (mit Abb.); Goebel, H.: Die flexible Automatisierung als Fortentwicklung der Hochleistungsautomatisierung. In: Fertigungstechnik in Lehre, Forschung und Praxis, Festschrift zum 70. Geburtstag von H. Schallbroch, hrsg. von G. Spur, Freiburg i. Br. 1967, S. 122 - 128, S. 124 ff.

2) Vgl. zum Begriff der Fließarbeitsmaschine: S. 37 f.

3) Vgl. hierzu auch die Abbildung bei Henglein, F.A.: a.a.O., S. 433

Das Prinzip der anlagezentrierten Fertigung klingt auch an bei Niebanck, der über die Anlagenplanung von Karbidöfen schreibt: "We built our materials handling around the furnaces." Niebanck, R.J.: Switch to continuous processing slices operating costs. In: Bittel, L.R./Melden, M.G./Rice, R.S.: Practical Automation - Methods for increasing plant productivity, New York - Toronto - London 1957, S. 152 - 155, S. 153, vgl. a. Abb. auf S. 152 f.

4) Vgl. dazu die Beschreibung der Herstellung von Karbid und Phosphor bei Henglein, F.A.: a.a.O., S. 367, 409

schränkt auf die Herstellung von bestimmten Mischungen, beispielsweise von Betonmischungen oder von Hilfsmitteln für die Textil- und Lederindustrie. Ein weiteres Beispiel wäre die Herstellung von Butter im sog. Butterfertiger, auch hier vollzieht sich die gesamte Herstellung in einem Apparat.

Aus den angeführten Beispielen wird ersichtlich, daß dieses Fertigungssystem durchaus nicht selten in der betrieblichen Wirklichkeit anzutreffen ist und wir meinen, daß es die Einordnung mancher Fertigungsanordnungen ermöglicht, die bisher nur schwer in einer der bestehenden Fertigungssysteme einzuordnen waren.¹⁾

III. Fertigungssysteme mit Fortschreiten des Produkts

1. Die Werkstattfertigung

Die Werkstattfertigung beruht auf dem Prinzip der örtlichen Konzentration von Produktionsmitteln gleichen Typs und gleicher Vorrichtung. "Derartige Gruppen von Maschi-

1) Es ist kurz anzumerken, daß das Erkennen der Anlagefertigung häufig nicht leicht ist, und zwar dann, wenn von einer "Anlage" gleichzeitig mehrere vorhanden sind. Man ist hier geneigt, eine Art Werkstattfertigung anzunehmen.

nen mit gleicher Funktion bilden eine abgeschlossene, örtliche Einheit: eine Werkstatt." ¹⁾ Es besteht zwischen den in den einzelnen Werkstätten arbeitenden Maschinen und Arbeitskräften keine direkte Beziehung, denn in jeder Werkstatt können nur Arbeiten einer Art, wie Drehen, Fräsen oder Bohren durchgeführt werden. Der Maschinenpark stellt das Rückgrat der betrieblichen Ordnung dar, nach dem sich der Produktionsvorgang richtet. Er "ist hier das Einfachere, Bekannte, Übersehbare, während das Produkt das Variable, Einzuordnende, Unbekannte ist." ²⁾ Es kommt

-
- 1) Mellerowicz, K.: Betriebswirtschaftslehre der Industrie, 2. Band, S. 127.
Dieses Prinzip wird auch noch bezeichnet als "Maschinenstallsystem", vgl. Pentzlin, K.: Arbeitsrationalisierung, a.a.O., S. 92; "ressortorientierter Betrieb" vgl. Waffenschmidt, W.: Technik und Wirtschaft der Gegenwart, Berlin - Göttingen - Heidelberg 1952, S. 153; "Meisterprinzip" vgl. Fischer, G.: Allgemeine Betriebswirtschaftslehre, 6. Aufl., Heidelberg 1952, S. 420; "diskontinuierliche Gruppierung nach Maschinenarten" vgl. Hammer, M.: Europäische Automobilindustrie. In: Aspekte der Automation, Basel - Tübingen 1960, S. 53; "artbestimmte Betriebsmittelanordnung" vgl. Carnap, G.: a.a.O., S. 23; "Blockarbeit": diese Bezeichnung findet sich vor allem in der Textilindustrie, vgl. Schwab, R.: Handbuch der industriellen Bekleidungsfertigung, Stuttgart 1949, S. 224. - "Bereichsfertigung" vgl. Piegert, R.: Komplexfertigung - Voraussetzung der modernen Fertigung in Betrieben der Einzel- und Kleinserienfertigung. In: Der Maschinenbau, 6. Jg. (1957), S. 253 - 256, S. 253.

In der amerikanischen Literatur sind folgende Bezeichnungen geläufig: "process layout" oder "functional or job-lot layout" vgl. z.B. Lansborough, R.H./Spriegel, W.R.: Industrial Management, 3. Aufl., New York 1940, S. 116; "kind grouping" vgl. Cornell, W.B.: Organization and Management in Industry and Business, 2. Aufl., New York 1936, S. 123; "class-of-work arrangement" vgl. Mac Niece, E.H.: Production Forecasting, Planning and Control, 2nd ed., New York - London 1957, S. 72.

- 2) Waffenschmidt, W.: Technik und Wirtschaft, Jena 1928, S. 230; s.a. Schaefer, H.: Fließende Fertigung, Leipzig 1927, S. 16

so zu einer betrieblichen Verselbständigung und einem Auseinanderreißen der einzelnen Verfahren, was als Kennzeichen der Werkstättenfertigung angesehen werden kann.¹⁾

Die örtliche Konzentration von Produktionsmitteln gleicher Verrichtung ist bestimmend für das Wesen der Werkstattfertigung. Es kommt hinzu, daß die Reihenfolge, in der die verschiedenen Maschinengruppen benötigt werden, grundsätzlich beliebig ist.

Dieses Prinzip, daß die Produktionsmittel nach gleichartigen Verfahren angeordnet werden, findet sich nicht nur in den Industriezweigen mit vorherrschend mechanischer Technologie, wenngleich es fast ausschließlich auf diesen Bereich der Industrie bezogen wird. Auch in Industriebetrieben mit vorherrschend chemischer Technologie werden Produktionsmittel nach diesem Prinzip angeordnet, wie z.B. bei der Herstellung von Azofarbstoffen und in Lackfabriken.²⁾ Es ist zu fragen, ob es sich bei diesem Prinzip der Anordnung um ein rationelles Fertigungssystem handelt. "In this missile age, many of us have been led to believe that process layout is used by inefficient manufacturers and line layout (= Fließfertigung, d.V.) is used by 'sharp' production men. Nothing could be further from the truth."³⁾ Denn bei bestimmten industriellen Verhältnissen ist es durchaus vernünftig, die Produktionsmittel nach dem Prinzip der Werkstättenfertigung anzuordnen.⁴⁾ "The prime requirement is for flexibility: routing flexibility, part design flexibility, and volume flexibility."⁵⁾ Der Vorteil dieses Fertigungssystems besteht also darin, daß

1) Vgl. Schäfer, E.: Beschäftigung und Beschäftigungsmessung in Unternehmung und Betrieb, Nürnberg 1931, S. 85

2) Vgl. Henglein, F.A.: a.a.O., S. 212; Kölbel, H./Schulze, J.: Fertigungsvorbereitung in der chemischen Industrie, Wiesbaden 1967, S. 47 ff.

3) Buffa, E.S.: a.a.O., S. 407

4) Vgl. Ermanski, J.: Theorie und Praxis der Rationalisierung, Wien - Berlin 1928, S. 359

5) Buffa, E.S.: a.a.O., S. 406

es qualitativ und quantitativ sehr anpassungsfähig ist. Diese fertigungstechnische Elastizität ist erforderlich bei Betrieben, bei denen die Nachfrage nach den von ihnen hergestellten Gütern in Art und Menge variabel ist. In diesen Fällen besteht vielfach nur ein Rahmenprogramm, dessen Umfang durch die vorhandenen Produktionsmittel und die bisherigen Erfahrungen bestimmt ist. Oder es ist ein fest umrissenes Programm vorhanden, wobei aber die Zahl der Produkte recht umfangreich und ihre Art und Ausführung relativ verschieden voneinander ist. Außerdem sind Reihenfolge und Stückzahl, in der die einzelnen Erzeugnisse gefertigt werden, im voraus nicht zu bestimmen. Die Folge dieser Verhältnisse ist, daß die Erzeugnisarten ständig wechseln, ebenso wie die Stückzahlen der verschiedenen Produkte und deren Fertigungsfolge.¹⁾ "In factories where a large variety of products is manufactured in relatively small amounts, the cost of constant re-layout and change-over of equipment prohibit the use of line production. In these cases it has been found more economical to arrange machinery accord to the function to be performed, for this allows greater ease in conversion from one product to another."²⁾

Der Nachteil der Werkstättenfertigung liegt vor allem in den langen Förderwegen und einer erheblichen Kapitalbindung. Da "alle gleichartigen Tätigkeiten eines Produktionsganges ohne Rücksicht auf zeitliche Folge und Objektbezogenheit räumlich zusammengefaßt werden",³⁾ läuft

-
- 1) Vgl. Mellerowicz, K.: Betriebswirtschaftslehre ..., a.a.O., S. 128
 - 2) Muther, R.: Production-Line Technique, New York - London 1944, S. 25
 - 3) Jehle, R.: Die organisatorischen Probleme der Zwangslauffertigung. In: Die Brauerei, 10. Jg. (1956), S. 34 - 35, S. 34

das Produkt oft kreuz und quer durch die einzelnen Abteilungen. "There will be no definite channels through which all work will flow. In fact, work in process may return to the same department, more than once for processing - making for backtracking of work."¹⁾ Aus diesem Grunde kommt es zu langen Förderwegen, die unregelmäßig verlaufen. Es werden daher vorzugsweise elastisch einzusetzende Universalfördermittel verwendet.²⁾ Die Kapitalbindung auf Grund relativ langer Durchlaufzeiten rührt daher, daß "alle Teile einer Serie in der Werkstatt gelagert werden (müssen), bis das letzte Teil verarbeitet ist. Erst dann kommt wieder Bewegung in die Fertigung."³⁾ Daraus ergeben sich die für Werkstattfertigung typischen zahlreichen Zwischenlagerungen an den einzelnen Fertigungsplätzen. Da eine zeitliche Abstimmung der einzelnen Fertigungsvorgänge nicht möglich ist, weil die Dauer der einzelnen Fertigungsoperationen meist verschieden lang ist, kommt es nicht nur während, sondern auch nach jedem Fertigungsvorgang zu einer Bildung von Zwischenlagern, was die Durchlaufzeit der Produkte zusätzlich erhöht. "Diese Nachteile der Werkstattfertigung ... können jedoch kein Werturteil über die Zweckmäßigkeit dieser Organisationsform sein, die in vielen Betrieben unerlässlich ist und sich bei Vorliegen der notwendigen Voraussetzungen auch heute noch bewährt."⁴⁾

1) Shubin, H. Madeheim, J.: a.a.O., S. 116

2) Vgl. Kölbel, H./Schulze, J.: Die Abgrenzung ..., a.a.O., S. 161

3) Fackelmeyer, A.: Materialfluß- Planung und Gestaltung, Düsseldorf 1966, S. 43. Daher ist bei Werkstattfertigung die gleichzeitige Bearbeitung verschiedener Produkte möglich. Vgl. Abromeit, G.: Erzeugnisplanung und Produktionsprogramm, Wiesbaden 1955, S. 59

4) Fackelmeyer, A.: Materialfluß ..., a.a.O., S. 43
"Process layout is probably the most common in industry today." Amrine, H.T./Ritchey, J.A./Hulley, O.S.: Manufacturing Organization and Management, 2. Aufl., Englewood Cliffs 1966, S. 184

Diese Kennzeichnung des Werkstättensystems wollen wir als Werkstättenfertigung im fertigungstechnischen Sinn bezeichnen. Im Gegensatz dazu finden wir auch die Bezeichnung Werkstättenfertigung in einem mehr räumlichen Sinn. Sie trifft z.B. solche Fälle, in denen Arbeitsplätze nach der gleichen Funktion räumlich zusammengefaßt sind.¹⁾ Wir denken z.B. an eine Montageabteilung, in der mehrere Arbeitskräfte beschäftigt sind, von denen jeder ein bestimmtes Produkt von Anfang bis Ende zusammenbaut. Vom fertigungstechnischen Standpunkt handelt es sich in diesen Fällen aber um eine Werkbankfertigung, die wir genauer als mehrfache oder parallele Werkbankfertigung bezeichnen können.²⁾

2. Anmerkungen zum Begriff Gruppenfertigung

Die Gruppenfertigung wird teilweise als ein weiteres Fertigungssystem genannt.³⁾ Es ist zu prüfen, ob diese Ansicht gerechtfertigt ist.

Die Gruppenfertigung ist gekennzeichnet "durch eine örtliche Zusammenfassung von Maschinen und Handarbeitsplätzen teilweise verschiedener Art und Funktion, die zur Ausführung einer Reihe gleicher, gleichartiger oder verwandter Teilprozesse erforderlich ist."⁴⁾ Diese örtliche

1) Vgl. z.B. Refa-Buch, Bd. 1, Arbeitsgestaltung, 4. Aufl. München 1954, S. 83. Muther, R., spricht von "assembly in functional layout". Vgl. Muther, R.: Production-Line-Technique, a.a.O., S. 9

2) Dies gilt analog auch für entsprechende Beispiele bei Baustellen- und besonders bei anlagenzentrierte Fertigung.

3) Vgl. z.B. Mellerowicz, K.: Betriebswirtschaftslehre der Industrie, 2. Band, a.a.O., S. 106; Wöhe, G.: a.a.O., S. 192. Wir betrachten die Gruppenfertigung in diesem Abschnitt nur als ein mögliches weiteres Fertigungssystem. Auf die Verwendung dieses Begriffes als Synonym für Fließfertigung werden wir im nächsten Abschnitt näher eingehen.

4) Mellerowicz, K.: Betriebswirtschaftslehre ..., 2. Band, a.a.O., S. 142

Zusammenfassung, die auch als Werkstatt bezeichnet wird, stellt eine Funktionsgruppe dar, die aus teilweise verschiedenen Maschinen und Arbeitsplätze besteht, die für die Herstellung eines einzelnen oder mehrerer verwandter Erzeugnisse erforderlich sind.¹⁾ Die Gruppenfertigung wird auch als Gemischtfertigung bezeichnet, da sie auf einer Kombination von Prinzipien der Werkstätten- und der Fließfertigung beruht, weil "innerhalb der einzelnen Werkstatt nicht nur eine Funktion ... ausgeführt und nicht nur Maschinen eines Typs aufgestellt sind."²⁾ Die einzelnen Arbeitsstationen können in der Reihenfolge des Fertigungsablaufs hintereinander aufgebaut sein, die Anordnung der Produktionsmittel kann aber auch nach anderen Prinzipien erfolgen.³⁾ Hieraus wird ersichtlich, daß es sich bei der Gruppenfertigung nicht um ein weiteres Fertigungssystem handeln kann, da der Begriff über das Prinzip der Anordnung keine eindeutige Auskunft gibt.

Wesentlich für die Kennzeichnung der Gruppenfertigung ist, daß die einzelne Gruppe einen in sich geschlossenen Fertigungsabschnitt bildet, in dem an einer mehr oder weniger breiten Skala von Einzelteilen eine bestimmte Bearbeitungsphase abgeschlossen werden kann.⁴⁾ So bilden z.B. "die vielen speziellen Teile des Motorenbaus, wie z.B. Zylinderköpfe, Zylinderrohre, Pleuelstangen, Kurbelwellen, Nockenwellen, Kurbelgehäuse, Räderkasten usw. .. untereinander Gruppen, deren Bearbeitungsfolgen sich kaum unterscheiden, wenn man von Unterschieden der Hauptabmessungen absieht."⁵⁾

1) Vgl. Mellerowicz, K.: Betriebswirtschaftslehre ..., 2. Band, a.a.O., S. 142

2) Ebenda, S. 142

3) Ebenda, S. 142

4) Vgl. Arnold, H./Borchert, H./Lange, A./Schmidt, J.: Der Produktionsprozess im Industriebetrieb, Berlin 1966, S. 78. Diese Fertigung wird dort auch als "Nestfertigung" bezeichnet.

5) Fuchs, W./Honratn, K.: Rationelle Methoden in der Gemischtfertigung. In: Werkstatttechnik, 55. Jg. (1965), S. 162 - 168, S. 167

Aus dieser Angabe wird deutlich, daß der Begriff der Gruppenfertigung vor allem in Betrieben mit synthetischer Stoffverwertung "zu Hause" ist.

Wir wollen nun versuchen, zu klären, was der Begriff Gruppenfertigung bedeutet. "Die Bezeichnung ... rührt daher, daß die Fertigung bestimmter Baugruppen eines Erzeugnisses herausgelöst wird aus den üblichen Fertigungsabteilungen, die dem 'Verrichtungsprinzip' entsprechend aufgezogen sind".¹⁾ Der Begriff sagt uns also nichts über das Prinzip der Anordnung von Produktionsmitteln, sondern er gibt Auskunft über das Vorliegen einer räumlichen Ausgliederung von Fertigungsstellen. Wenn wir von diesem Gesichtspunkt ausgehen, dann können wir ganz grob drei verschiedene Grade der räumlichen Ausgliederung von Fertigungsstellen unterscheiden:²⁾

- a) In einem Betrieb bestehen nur Werkstätten, in denen gleichartige Produktionsmittel räumlich zusammengefaßt sind. In diesem Fall besteht keine Ausgliederung, wir können von einer totalen räumlichen Ballung der Fertigungsstellen sprechen.
- b) Die Produktionsmittel sind teilweise in Werkstätten zusammengefaßt, teilweise aber in Fertigungsgruppen. Diesen Fall können wir als partielle räumliche Ballung der Fertigungsstellen bezeichnen.
- c) Die Produktionsmittel sind in der Hauptsache nach einzelnen Erzeugnissen gruppiert, in diesem Fall liegt eine totale räumliche Ausgliederung von Fertigungsstellen vor, es gibt dann keine Werkstätten im eigentlichen Sinne mehr.³⁾

1) Krüger, K.: Anmerkung als Übersetzer bei Muther, R.: Fließende Fertigung. In: Handbuch des Industrial Engineering, hrsg. v. H.B. Maynard, Bd. VII, Berlin, Köln - Frankfurt o.J., S. 139 - 182, S. 181

2) Vgl. zum folgenden Abschnitt: Wrba, M.: a.a.O., S. 91

3) Zwischen einer totalen räumlichen Ballung und einer totalen räumlichen Ausgliederung liegen zahlreiche Grade einer nur partiellen Verwirklichung der räumlichen Ausgliederung, je nach den spezifischen Verhältnissen in dem einzelnen Betrieb.

Die räumliche Einheit, die bei der Ausgliederung entsteht, wird als Gruppe, der Tatbestand allgemein als Gruppenfertigung bezeichnet. Da dieser Begriff jedoch nicht einheitlich verwendet wird.¹⁾ und damit leicht zu Verwechslungen führen kann, wollen wir die räumliche Einheit, die auf Grund der Ausgliederung entsteht, als "Komplex" bezeichnen. Wenn ein solcher Tatbestand vorliegt, soll die Bezeichnung "Komplexfertigung" verwendet werden.²⁾

Der Begriff Komplexfertigung und die damit zusammenhängende Unterscheidung nach dem Grad der räumlichen Ballung in der Fertigung läßt sich nicht nur anwenden für den Bereich der mechanisch-Synthetischen Industriezweig, sondern auch für Betriebe mit analytischer Stoffverwertung mit mechanischer Technologie, wie z.B. im Sägewerk oder in Fleischwarenfabriken, und chemischer Technologie.³⁾

Diese Unterscheidung vermag bei besonders differenzierten Fertigungsverhältnissen ein Hilfsmittel zu sein bei der Erörterung von Fragen der Fertigungsvorbereitung, der Anpassungsfähigkeit gegenüber Marktschwankungen oder -veränderungen, und der Kostenrechnung.

3. Die Fließfertigung im besonderen

a) Begriffliches zur Fließfertigung

Das Prinzip der Fließfertigung besteht darin, daß die Anordnung von Produktionsmitteln und Arbeitsplätzen entspre-

1) Vgl. hierzu die Ausführungen auf S. 63, Fußnote 1

2) Die Bezeichnung Komplex und Komplexfertigung wurden übernommen von Piegert, R.: a.a.O., S. 253

3) Vgl. dazu Kölbel, H./Schulze, J.: Die Abgrenzung ..., a.a.O., S. 157

chend dem Fertigungsablauf des herzustellenden Produktes erfolgt.¹⁾ "Wie die Häuser einer Straße, so stehen hier die Maschinen eine hinter der anderen angeordnet, um in entsprechender Folge hintereinander alle Bearbeitungen am Werkstück durchzuführen."²⁾ Man spricht daher auch viel-

- 1) Leitner spricht daher auch vom "Werkstücksystem". Vgl. Leitner, F.: Wirtschaftslehre der Unternehmung, 5. Aufl., Berlin und Leipzig 1926, S. 290. Dieser Begriff hat sich bei uns allerdings nicht durchsetzen können. In der deutschen Literatur, die für die Fließfertigung keine einheitliche Bezeichnung verwendet, finden wir u.a. folgende Bezeichnungen: "Fließarbeit", vgl. z.B. Faensen, H./Hofmann, G.: Arbeitsstudien bei Fließarbeit, München 1962, S. 11 f.; "Folgeaufstellung", vgl. Nowak, P.: Betriebstyp und Kalkulationsverfahren, Diss., Darmstadt 1936, S. 36; "Prozeß-Typ der Anordnung", vgl. Schmidt, F.: Die Bestimmung des Produktionsmittel-Standortes in Industriebetrieben, Berlin 1965, S. 47; "aufgabenausgerichtete Anordnung", vgl. Dolezalek, C.M./Ropohl, G.: Ansätze ..., a.a.O., S. 718. Sehr häufig finden wir die Bezeichnung "Reihenfertigung", vgl. z.B. Gutenberg, E.: a.a.O., S. 99. Dieser Begriff wird allerdings auch als Synonym für die Serienfertigung verwendet, vgl. z.B. Wrba, M.: a.a.O., S. 34. Ebenso häufig begegnet uns die Bezeichnung "Gruppenfertigung", vgl. z.B. Henzel, F.: Die Kostenrechnung, a.a.O., S. 153. Aber auch diese Bezeichnung wird in unterschiedlicher Weise verwendet, vor allem zur Kennzeichnung einer räumlichen Ausgliederung von Fertigungsstellen. Vgl. unsere Ausführungen auf S. 28 ff.

Einen wiederum ganz anderen Inhalt legen Funke und Blohm der Gruppenfertigung zugrunde. Vgl. Funke, H./Blohm, H.: Allgemeine Grundzüge des Industriebetriebs, Essen 1952, S. 45 ff. Wir halten diese beiden Bezeichnungen wegen der uneinheitlichen Verwendung als Synonyme für "Fließfertigung" für wenig geeignet.

In der amerikanischen Literatur finden wir folgende Bezeichnungen: line production - layout by product - progressive manufacture - serialized production - flow work - unit manufacture. Vgl. Muther, R.: Production-Line-Technique, a.a.O., S. 10

- 2) Pötschke, H.: Verkettete Maschinen, Hamburg - Berlin - Bonn 1961, S. 17

fach von einer Straßenfertigung bzw. Fertigungsstraße.¹⁾ Es stehen nicht gleichartige Maschinen nebeneinander - wie bei der Werkstattfertigung - for "this method ... involves the placing of unlike machines together. It results in placing dissimilar machines next to each other."²⁾

Dieses Prinzip kann in einem Betrieb vollkommen durchgehend (total) oder nur teilweise verwirklicht sein (partiell), dies ist jedoch nicht bestimmend für den Begriff der Fließfertigung. Sie liegt bereits dann vor, wenn eine begrenzte, allerdings nicht zu kleine Anzahl von Maschinen oder Arbeitsplätzen in der Reihenfolge der Fertigungsvorgänge der zu fertigenden Produkte angeordnet ist.³⁾ Die Abschnitte der Fertigung, deren Produktionsmittel bzw. Arbeitsplätze nach dem Prinzip der Fließfertigung angeordnet sind, können als Fließstrecke oder Fertigungsstrang bezeichnet werden.⁴⁾

Nach der Art ihrer Entstehung können wir zwei Grundformen der Fließfertigung unterscheiden. In zahlreichen Industriezweigen ist sie "naturgegeben", bedingt durch die Anwendung bestimmter Produktionsmittel und Verfahren oder die Verarbeitung bestimmter Produkte. Diese Art wollen wir als "natürlich bedingte Fließfertigung" bezeichnen. In anderen Industriezweigen, in denen diese naturgegebene Notwendigkeit nicht besteht, ist man erst in einem späteren Zeitpunkt zur Fließfertigung übergegangen.⁵⁾ Diese Fälle wollen wir als "künstlich herbeigeführte" oder "organisierte Fließfertigung" bezeichnen.⁶⁾

1) Vgl. beispielweise Pentzlin, K.: Arbeiterationalisierung, a.a.O., S. 100

2) Balderston, C.B./Brecht, R.P./Karabasc, V.S./Riddle, R.J.: Management of an enterprise, 2nd ed., New York 1949, S. 73. In den Fertigungsablauf fügt man also "unordentlich" die Maschinen ein, wie die Reihenfolge der Operationen es ... erfordert." Waffenschmidt, W.: Wirtschaft und Technik, a.a.O., S. 230

3) Vgl. Carnap, G.: a.a.O., S. 32

4) Vgl. a. Nowak, G.: Fließarbeit und ihre Organisation, Diss., Berlin 1959, S. 16

5) Vgl. Isaac, A.: Alte und neue Produktionsmethoden. In: BfW, 4. Jg. (1952), S. 688 - 707, S. 696

6) Vgl. Schafer, E.: Produktionswirtschaft ..., a.a.O., S. 543

Die Meinung über das Vorliegen einer Fließfertigung und über ihre charakteristischen Merkmale sind unterschiedlich. So wird häufig das Merkmal der genauen zeitlichen Abstimmung aller Fertigungsvorgänge als wesentliches Kriterium für das Vorliegen einer Fließfertigung verwendet.¹⁾ Die Vertreter dieser Auffassung stützen sich dabei vor allem auf die verbreitete Definition von Mäckbach aus dem Jahre 1926: "Fließarbeit ist eine örtlich fortschreitende, zeitlich bestimmte lückenlose Folge von Arbeitsgängen."²⁾ Zu diesen unterschiedlichen Begriffsinhalten ist zu sagen, daß der Begriff Fließfertigung ein zweckbezogener Begriff ist. Je nachdem, ob der Betrachter Arbeitsstudienmann, Kaufmann oder Fördertechniker ist, wird er den Begriff verschieden fassen und eine bestehende Definition nach seinen eigenen Gesichtspunkten ergänzen. "Auf keinen Fall wird irgendeine von ihnen allen Erfordernissen gerecht und jede ist nur aus einer bestimmten Sicht heraus zu verstehen."³⁾ Es ist daher möglich, daß eine einheitliche, allen Zwecken genügende Definition der Fließfertigung nur schwer aufgestellt werden kann. Wichtig ist aber dann, daß man sich über die zwei wesentlichen Aspekte, welche dem Begriff Fließfertigung zugrunde liegen können, im klaren ist. Wir können den Begriff einmal auffassen als ein Merkmal der räumlichen Anordnung von Produktionsmitteln und Arbeitsplätzen, zum anderen als ein Merkmal der Organisation des Durchlaufs der Produkte durch die Fertigung.⁴⁾ Im ersten Fall betrachten wir die Fließfer-

1) Vgl. a. Fackelmeyer, A.: Materialfluß - Planung und Gestaltung, a.a.O., S. 45. Vertreter dieser Auffassung sind z.B. Gutenberg, E.: a.a.O., S. 99; Ellinger, Th.: Ablaufplanung, a.a.O., S. 82

2) Mäckbach, F.: Was ist Fließarbeit? In: Fließarbeit. Beiträge ... a.a.O., S. 1 - 15, S. 5

3) Faensen, H./Hofmann, H.: a.a.O., S. 8; vgl. a. Schwab, R.: a.a.O., S. 225

4) Vgl. Frank, H.J.: Möglichkeiten und Voraussetzungen für die Anwendung der Fließfertigung in der Wollveredelungsindustrie, Diss., Dresden 1963, S. 12

Es ist bemerkenswert, daß jene Autoren, die die zeitliche Bindung als wesentlich für die Fließfertigung ansehen, den Ablaufaspekt bei den übrigen Fertigungssystemen kaum beachten.

tigung als ein Merkmal des Aufbaus der Fertigung, im zweiten dagegen als ein Charakteristikum des Fertigungsablaufs. Diese beiden unterschiedlichen Gesichtspunkte werden häufig in der Diskussion nicht genügend beachtet. Wir fassen die Fließfertigung primär als ein Merkmal des Aufbaus der Fertigung auf, meinen aber, daß die zahlreichen Erscheinungsformen, in denen das Prinzip der Fließfertigung auftritt, nicht allein mit Hilfe eines einzigen Merkmals, nämlich der räumlichen Aufeinanderfolge der Fertigungsstationen, gekennzeichnet werden können, sondern daß weitere, zusätzliche Merkmale heranzuziehen sind, vor allem die Art des zeitlichen Ablaufs. Außerdem läßt sich der räumliche und zeitliche Aspekt in der Fertigung nur schwer trennen, was besonders ausgeprägt bei der Fließfertigung auftritt.¹⁾

b) Abgrenzungen zur Fließfertigung

Das Prinzip der Fließfertigung ist in vierfacher Weise von anderen Erscheinungen abzugrenzen.

Die Fließfertigung ist zunächst abzugrenzen vom Begriff Arbeitsfluß. "Ein Materialfluß, oft als 'fließende Fertigung' bezeichnet, d.h. ein reibungsloser und störungsfreier Durchfluß der Werkstücke durch den Betrieb, muß aber das Ziel jeder guten Organisationsform sein und kann durch verschiedene Mittel erreicht werden, wie z.B. Arbeitsvorbereitung, Terminwesen, geregelten Innentransport."²⁾ Der auf solche Weise verwendete Begriff der Fließfertigung³⁾ hat mit der Art und Weise der Anordnung

1) Diese Auffassung vertritt auch Carnap, G.: a.a.O., S. 14; vgl. auch besonders: Dolezalek, C.M./Ropohl, G.: Ansätze ..., a.a.O., S. 717 ff.

2) Carnap, G.: a.a.O., S. 30; vgl. a. Frenz, G./Gobbers, E.: Erfolgreiche Betriebswirtschaft, Berlin 1934, S. 82

3) Vgl. hierzu auch: Michel, E.: Betriebsgestaltung und Fließarbeit, Stuttgart 1926, S. 11; Ohse spricht in Anlehnung an die Ausführungen von Michel hier von "organisatorischer Fließfertigung". Vgl. Ohse, H.: a.a.O., S. 633; Freund, K.: Betriebsorganisatorische Fragen der automatisierten Fertigung. In: Zeitschrift für wirtschaftliche Fertigung, 58. Jg. (1963), S. 162 - 168, S. 164

von Produktionsmitteln nichts zu tun, er kann als ein sehr allgemein gefaßtes Prinzip der Gestaltung der Fertigung bezeichnet werden.

Die Fließfertigung ist außerdem zu unterscheiden von einer Erscheinung, die als "bewegliches Taktverfahren" bezeichnet wird.¹⁾ Wir finden es bei schwer beweglichen Produkten, die in kleineren Serien gefertigt werden können. Das Erzeugnis bleibt an seinem Platz gebunden, während Arbeitskolonnen, mit jeweils verschiedenen Aufgaben von Arbeitsobjekt zu Arbeitsobjekt wandern. Die gesamte Arbeit am Erzeugnis wird dabei in Teilverrichtungen von gleicher Zeitdauer aufgeteilt, so daß ein gewisser Fertigungsfluß entsteht.²⁾ Dieses Prinzip kann nicht als Fließfertigung bezeichnet werden, wir halten es vielmehr für eine Erscheinungsform der Baustellenfertigung.

Ferner ist der Begriff der Fließfertigung noch abzugrenzen gegenüber der kontinuierlichen Fertigung. So spricht man teilweise von Fließfertigung, wenn - besonders bei chemischen Verfahren - von chargenweise arbeitenden Verfahren zu kontinuierlichen übergegangen wird.³⁾

Von den zahlreichen Beispielen seien an dieser Stelle nur einige genannt. So ist man bei der Schwefelsäurefabrikation vom Handkiesofen, der chargenweise beschickt wurde, übergegangen zum kontinuierlichen Drehofen.⁴⁾ Bei der

1) Vgl. Beste, Th.: Fertigungswirtschaft ..., a.a.O., S. 151

2) Vgl. Beste, Th.: Fertigungswirtschaft, ..., a.a.O., S. 151; s.a. Pentzlin, K.: Arbeitsrationalisierung, a.a.O., S. 99. Waffenschmidt bezeichnet dies als "Fließbetrieb". Vgl. Waffenschmidt, W.: Technik und Wirtschaft, a.a.O., S. 234

3) Vgl. Hennig, K.W.: Betriebswirtschaftslehre der industriellen Erzeugung, Wiesbaden 1960, S. 50: "Daher wird in chemischen Fabriken alles darangesetzt, unterbrochen arbeitende in ununterbrochen arbeitende Erzeugungen, also fließende Erzeugungen umzuwandeln." So stellt auch Isaac Fließbetrieb und Chargenbetrieb gegenüber. Vgl. Isaac, A.: Der Industriebetrieb, a.a.O., S. 86

4) Vgl. Jähne, F.: Der Ingenieur im Chemiebetrieb, Weinheim 1951, S. 69

Herstellung von Glas verwendet man schon lange statt des früheren chargenweise arbeitenden Hafenofens die kontinuierlich arbeitende Glaswanne.¹⁾ Bei Erdölraffinerien wurden für die Erhitzung des Rohöls Kessel verwendet, die chargenweise arbeiteten. Auch hier hat eine Kontinuierisierung dieses Verfahrens stattgefunden. Beim Brennen des Zements verwendet man heute anstelle des Ringofens einen kontinuierlich arbeitenden Drehofen. Das gleiche gilt für das Brennen von Porzellan. Dieser Vorgang, welcher ursprünglich diskontinuierlich im Rundofen ausgeführt wurde, kann nun auch kontinuierlich im Tunnelofen erfolgen. Weitere Beispiele für einen Übergang vom chargenweise zum kontinuierlich arbeitenden Verfahren finden wir in der Zuckerherstellung beim Verkochen der Zuckerrüben, in der Zelluloseherstellung beim Kochen der Holzschnitzel.

Wie in den vorher erörterten Abgrenzungen handelt es sich auch hier nicht um ein Aufbaumerkmal der Fertigung, sondern um den Ablauf eines einzelnen Verfahrens, während die Fließfertigung sich auf das Zusammenwirken mehrerer Verfahren bezieht.²⁾ Wir halten es für zweckmäßig, den Begriff kontinuierlich nur für das einzelne, stetig ablaufende Verfahren zu verwenden.³⁾

- 1) Vgl. Bauert-Keetmann, I. Deutsche Industriepionier*, Tübingen 1966, S. 130 f.
- 2) Vgl. a. Kölbel, H./Schulze, J.: Fertigungsvorbereitung ..., a.a.O., S. 32
- 3) Wir wollen darauf hinweisen, daß der Begriff kontinuierlich neben dem bereits erwähnten Sinn noch in anderer Weise verwendet wird: so spricht man von kontinuierlicher Fertigung, wenn die gesamte Betriebstätigkeit nicht unterbrochen wird, der Betrieb also in drei Schichten arbeitet. Vgl. z.B. Hofmann, R.: Planung und Projektierung automatisierter Anlagen, Hamburg - Berlin - Bonn 1958, S. 39; Hax, K.: Grundlagen ..., a.a.O., S. 56. Schäfer verwendet hierfür den Begriff "permanente Fertigung". Einige Autoren sprechen von einer kontinuierlichen Fertigung und meinen damit die Dauer einer gleichbleibenden Einstellung von Maschinen, sie gehen dabei aus von der Länge der Zeit, innerhalb derer die gegebene Einstellung eines Produktionsmittels ohne Wechsel benützt werden kann. So bei: Henzel, F.: Die Kostenrechnung, a.a.O., S. 150 f.; Moore, F.G./Weltz, O.: Produktionssteuerung - Produktionskontrolle, München 1967, S. 144
Schließlich wird unter kontinuierlicher Fertigung auch die Anordnung der Produktionsmittel nach der Fertigungsfolge verstanden. Vgl. z.B. Hax, K.: Grundlagen ... a.a.O., S. 62

Die Fließfertigung ist schließlich abzugrenzen von der Fertigung auf einer Fließarbeitsmaschine.¹⁾ Wir verstehen darunter eine Maschine, die mehrere aufeinanderfolgende Arbeitsgänge verschiedener Verfahrensarten innerhalb eines bestimmten Fertigungsprozesses in sich vereinigt.²⁾ Dies erfolgt in der Weise, daß mehrere bisher getrennt ausgeführte Verfahren in einer einzigen Maschine vereinigt werden. Wichtig ist, daß die einzelnen Verfahren in jeweils gleichen Arbeitstakten durchgeführt werden.³⁾ Auf diese Weise spielt sich innerhalb der Maschine ein Fließprozeß ab, so daß man durchaus von einer "Fließarbeit innerhalb einer Maschine" sprechen kann.⁴⁾ Beispiele sind Schraubenautomaten, Stufenpressen, Zigarettomaschinen, Mehrspindelautomaten, Holzbearbeitungsautomaten, Verpackungsautomaten.⁵⁾ Charakteristisch scheint uns zu sein, daß das Vorkommen eigentlich auf den Bereich der mechanischen Technologie beschränkt ist. Zwar wird auch hier eine gewisse Folge von Arbeitsoperationen zusammenhängend ausgeführt, aber sie spielen sich innerhalb einer Maschine ab, während bei der Fließfertigung mehrere Produktionsmittel räumlich miteinander verbunden werden.⁶⁾ Es ist allerdings darauf hinzuweisen, daß die Abgrenzung zwischen einem Automaten, wie es eine Fließprinzipmaschine darstellt, und einer automatisch arbeitenden Fließfertigungsanlage nicht immer eindeutig durchzuführen ist.⁷⁾

-
- 1) Der Begriff wurde von Lauke geprägt. Vgl. Lauke, H.L.: Die Leistungsabstimmung als wichtigste Aufgabe bei der Einführung von Fließarbeit, München 1928, S. 53. Hinsel verwendet den Begriff 'Fließprinzipmaschine!'. Vgl. Hinsel, D.: Fertigungssysteme in der Industrie, Diss., Nürnberg 1955, S. 151
 - 2) Vgl. Hinsel, D.: a.a.O., S. 151
 - 3) Vgl. Kienzle, O./Le Vrang, W.: Maschinen in der Fließarbeit. In: Fließarbeit. Beiträge zu ihrer Einführung, a.a.O., S. 135 - 167, S. 162
 - 4) Lauke, H.L.: Die Leistungsabstimmung ..., a.a.O., S. 51. In der amerikanischen Literatur wird auch der Begriff "line fabrication within one machine" verwendet. Vgl. z.B. Buffa, E.S.: a.a.O., S. 438
 - 5) Vgl. Hinsel, D.: a.a.O., S. 156
 - 6) Vgl. Carnap, G.: a.a.O., S. 34
 - 7) Vgl. ebenda, S. 35

c) Das Wesen der Fließfertigung

Bei der Fließfertigung sind Produktionsmittel und Arbeitsplätze in der Reihenfolge der Fertigungsvorgänge der zu fertigenden Produkte angeordnet. Die Leistungen der verschiedenen Stellen sind mehr oder weniger genau aufeinander abgestimmt, die Stückzahl, die in einem bestimmten Zeitabschnitt durch die Fertigung läuft, ist an allen Teilabschnitten gleich hoch. Dadurch ergibt sich als Wesen der Fließfertigung die Abhängigkeit der verschiedenen Arbeitskräfte und Maschinen untereinander.¹⁾ Dies bezieht sich nicht nur auf die quantitative Seite der Fertigung, sondern ebenso auf die qualitative, denn ein Arbeitsfehler erschwert die reibungslose Fertigung in der nachfolgenden Stelle und führt damit zu einer Störung des Ablaufs.²⁾ "Fließarbeit schweißt die einzelnen Arbeitsplätze zu einem organischen Ganzen zusammen"³⁾ Diese Verbindung der einzelnen Stationen ist nicht nur gedanklich abstrakt zu verstehen, die verschiedenen Produktionsmittel oder Arbeitsplätze bilden auch ganz konkrete räumliche Einheiten, die in der amerikanischen Literatur als "manufacturing units" bezeichnet werden.⁴⁾ Wir haben die Fließfertigung als ein Fertigungssystem mit Fortschreiten des Produkts bezeichnet. Sie enthält aber in gewisser Weise alle Elemente der Fertigungssysteme ohne Fortschreiten des Produkts, also der Werkbank- und Baustellenfertigung und der anlagezentrierten Fertigung, die aber durch das Einschalten in einen arbeitsteiligen Ge-

-
- 1) Vgl. Faensen, H./Hofmann, H.: a.a.O., S. 12 f. Hax spricht von einer "Zug- und Druckwirkung", unter der jeder Arbeitsplatz steht. Vgl. Hax, K.: Industriebetrieb, a.a.O., S. 252. Vgl. a. Schieip, W.: Totale Rationalisierung, Berlin - Wien - Leipzig 1944, S. 42
 - 2) Vgl. Ermanski, J.: a.a.O., S. 374
 - 3) Refa-Buch, Bd. 1, a.a.O., S. 76
 - 4) Vgl. Muther, R.: Production-Line-Technique, a.a.O., S. 20

samtprozeß diesen Charakter verlieren und durch ihre Anordnung in einer bestimmten Reihenfolge ein neues artverschiedenes Fertigungssystem, die Fließfertigung, bilden.¹⁾ Dies wird deutlich, wenn wir an die Montage eines Produkts in Fließfertigung denken und nur für diesen Abschnitt einen einzelnen Arbeitsplatz betrachten. Wir könnten dann von einer Werkbankfertigung sprechen, da Produkt, Werkzeuge und Materialien um die Arbeitskraft herum angeordnet sind. Ebenso könnten wir aber bei Betrachtung eines einzigen Arbeitsplatzes von einer Baustellenfertigung sprechen, da Arbeitskraft, Materialien und Werkzeuge um das zu montierende Produkt herum angeordnet sind. Betrachten wir die einzelne Fertigungsstation einer Fließstraße, auf der Teile bearbeitet werden, könnten wir eine anlagenzentrierte Fertigung annehmen, denn Arbeitskraft, Materialien und Werkzeuge sind hier um das Produktionsmittel herum gruppiert.

Im Gegensatz zur Werkstättenfertigung, bei der die Maschinen das Rückgrat der Ordnung im Betrieb bilden, ist bei der Fließfertigung das Produkt das Einfachere, klar Gegebene, aus dem sich die fertigungstechnischen Erfordernisse ableiten; sie orientiert sich also hier an dem Erzeugnis.²⁾

Die Fließfertigung wird im übrigen nicht durch das Vorhandensein von bestimmten Förderanlagen, wie z.B. das Fließband, bestimmt.³⁾ Zwar wird in vielen Fällen ein Transportsystem die einzelnen Arbeitsstationen miteinander verbinden, es gibt jedoch auch genügend Beispiele für

1) Vgl. a. Pentzlin, K.: Arbeitsrationalisierung, a.a.O. S. 95; Carnap, G.: a.a.O. S. 24

2) Vgl. Waffenschmidt, W.: Technik und Wirtschaft, a.a.O., S. 230 f.

3) Vgl. Heiner, H.: Die Rationalisierung des Förderwesens im Industriebetrieb, Berlin 1961, S. 98; s. ferner: Sonnenberg, H.: Arbeitsvorbereitung und Kalkulation, Braunschweig 1966, S. 367; Isaac, A.: Alte und neue Produktionsmethoden, a.a.O., S. 696

Fließfertigungen, bei denen kein Transportmittel eingeschaltet ist. Die Art der räumlichen Verbindung der einzelnen Stationen ist also unwesentlich für das Wesen der Fließfertigung.¹⁾ Denn umgekehrt bedeutet der Einsatz von Fließbändern noch nicht, daß damit auch eine Fließfertigung im engen Sinn vorliegt.²⁾

Es ist schließlich für eine Fließfertigung gleichgültig, wie groß die Fließgeschwindigkeit ist. "Sie kann klein oder groß sein, die Hauptsache ist, sie ist über das Ganze gesehen gleichmäßig."³⁾

d) Die Vor- und Nachteile der Fließfertigung

Die Idee der Fließfertigung beruht darauf, durch die spezifische Anordnung der Produktionsmittel und der damit verbundenen Folgen zu einer Kostensenkung zu gelangen.⁴⁾ Neben dieser kostenwirtschaftlichen Sicht wollen wir auch die ertragswirtschaftlichen Aspekte bei den Vor- und Nachteilen der Fließfertigung beachten.

Die Fließfertigung führt einmal zu einer Senkung der Transportkosten. Diese ergibt sich vor allem aus der Verkürzung der Transportwege, denn durch die direkte Aufeinanderfolge der verschiedenen Arbeitsgänge wird die Weglänge für die Werkstücke relativ kurz gehalten. Außerdem ist der Einsatz rationeller Fördermittel möglich.⁵⁾

"Channelized flow of work reduces materials handling. Definite and direct channels for the flow of materials, short distances between operations, the elimination of backtracking, and mechanization of handling are all

1) Vgl. Carnap, G.: a.a.O., S. 32

2) s.a. Ellersiek, K.: Planen von Transportwegen und Materialfluß. In: Chemische Industrie, 11. Jg. (1959), S. 318 - 320, S. 320

3) Nowak, G.: a.a.O., S. 6

4) Vgl. Mellerowicz, K. Betriebswirtschaftslehre ..., a.a.O., S. 108

5) Vgl. ebenda, S. 124

features of product layout."¹⁾

Fließfertigung bringt außerdem eine Reduzierung der Zinskosten mit sich. Denn sie führt zu einer Verminderung des Materialumschlags im Betrieb und zu einer Verkürzung der Durchlaufzeiten. Der Produktionsprozeß kann mit einem geringeren Kapitalbedarf durchgeführt werden, damit verringern sich die in der Kostenrechnung anzusetzenden kalkulatorischen Zinsen.²⁾

Wir können bei Fließfertigung vielfach auch geringere Raumkosten feststellen. Sie führt zunächst zu einem geringeren Raumbedarf, da die Flächen, die sonst für Durchgänge und Zwischenlager an den einzelnen Fertigungsstellen vorgesehen werden müssen, nicht benötigt werden.³⁾ Der geringere Raumbedarf bedeutet vor allem bei der Neueinrichtung eines Betriebes eine erhebliche Kostenersparnis. Aber auch bei einem laufenden Betrieb kann sich durch die Umstellung auf Fließfertigung eine Raumersparnis ergeben, was gleichzeitig eine Erweiterung der Raumkapazität bedeutet.⁴⁾ Dieser Vorteil kann bei Betrieben, die aus standortsbedingten Gründen eine Erweiterung ihrer Fläche nicht vornehmen können, von ganz entscheidender Bedeutung sein.

Die Arbeitszerlegung bei der Fließfertigung ermöglicht es den Betrieben, in vielen Fällen mit angelernten Arbeitskräften auszukommen, besonders deutlich ist dies bei Montagearbeiten, tritt aber auch auf bei Arbeiten an Maschinen. Dies führt zu einer Minderung der Lohnkosten.⁵⁾ In

1) Shubin, J.A./Madeheim, H.: a.a.O., S. 120

2) Vgl. Feuerbaum, E.: a.a.O., S. 57; Sonnenberg, H.: a.a.O., S. 369

3) Vgl. Muther, R.: Fabrikplanung, a.a.O., S. 33

4) Vgl. Dyckhoff, O.: Probleme der Massenfertigung, In: VDI-Zeitschrift, 86. Jg. (1942), S. 587 - 590, S. 589

5) Vgl. Mittelstaedt, H.L.: a.a.O., S. 24; Shubin, J.A./Madeheim, H.: a.a.O., S. 120

manchen Betrieben führt die Fließfertigung zu einer Senkung der Kontrollkosten, welche im wesentlichen Lohnkosten darstellen, so daß auch aus diesem Grund eine Herabsetzung der Kosten möglich ist.¹⁾

Die Fließfertigung ermöglicht eine bessere Übersicht über die gesamte Fertigung, was eine weitgehende Vereinfachung der Betriebsorganisation und des Rechnungswesens zur Folge hat.²⁾ Die Produktionsplanung, die Steuerung und Überwachung des Ablaufs werden vereinfacht, Schreibarbeiten vermindern sich insbesondere für das Ausstellen von Belegen aller Art.³⁾ Die Fließfertigung "führt fast immer auch zu einer Vereinfachung der Lohnverrechnung und Betriebsrechnung, weil die zu verrechnenden Mengen an Werkstücken nicht an jedem einzelnen Arbeitsplatz, sondern erst am Ende des Arbeitsablaufs erfaßt zu werden brauchen und alle anfallenden Kosten sich auf die gleichen Erzeugnisse beziehen."⁴⁾ Damit verringert sich die Zahl der Einzelaufschreibungen. Diese Kosten können wir insgesamt als allgemeine Verwaltungskosten bezeichnen.

Die Fließfertigung führt aber nicht nur zu einer Kostensenkung, sondern auch zu einer Ertragssteigerung quantitativer und qualitativer Art. So können wir zunächst eine Herabsetzung der Verlust-, Neben- und Rüstzeiten feststellen,⁵⁾ die besonders bei maschineller Fertigung beträchtlich sein können. Sie wird erreicht durch eine direkte räumliche Verbindung der einzelnen Arbeitsstationen und durch eine für längere Zeit gleichbleibende Maschineneinstellung. Durch die Minderung der genannten Zeiten wird die Ausbringung erhöht.

1) Vgl. Nowak, G.: a.a.O., S. 193

2) Vgl. Funke, H./Blohm, H.: a.a.O., S. 52

3) Vgl. Feuerbaum, E.: a.a.O., S. 50 ff.

4) Refa-Buch, Bd. 1, a.a.O., S. 76

5) Vgl. Mellerowicz, K.: Betriebswirtschaftslehre ..., a.a.O., S. 124

Die Fließfertigung ermöglicht in vielen Fällen eine weitgehende Unterteilung des Fertigungsablaufs, so daß die Arbeitskräfte eine größere Fertigkeit in der Ausführung ihrer Tätigkeit erlangen, was zu einer höheren Leistung je Zeiteinheit führt. Die Maschinen in der Fließfertigung können den jeweiligen Spezialaufgaben besser angepaßt werden, so daß ebenfalls eine Steigerung der Leistung eintritt. Die Erhöhung der Ausbringung kann allgemein zurückgeführt werden auf die bessere Abstimmung der Träger der Fertigung auf die genau umrissenen Arbeitsaufgaben.¹⁾ Schließlich steigt auch die "gute Ausbringung", denn durch das gleichbleibende Programm verringert sich die Ausschußquote.²⁾

Eine Ertragssteigerung mehr qualitativer Art ergibt sich "durch die Garantie für gleichmäßige Qualität, soweit sie durch gleichmäßige Arbeitsgüte bestimmt ist."³⁾ Besonders bei Montagearbeiten zwingt die gegenseitige Kontrolle und die Notwendigkeit, die Arbeit in einer bestimmten Zeit durchzuführen, zu einer Gleichmäßigkeit in der Herstellung der einzelnen Teile.⁴⁾ Dies erlaubt den Abnehmern, sich bei der Prüfung der Waren mit Stichproben zu begnügen. "Man beobachtet dabei immer wieder, daß die Verbraucher gern bei Firmen kaufen, von denen sie wissen, daß sie in Fließfertigung arbeiten."⁵⁾

Die Fließfertigung bringt jedoch auch Nachteile mit sich. Der entscheidende Nachteil liegt in der geringen Anpassungsfähigkeit gegenüber Veränderungen des Absatzmarktes, die sich in einer zurückgehenden Nachfragemenge nach den

1) Vgl. Muther, R.: Fabrikplanung, a.a.O., S. 32;
Pentzlin, K.: Arbeitsrationalisierung, a.a.O., S. 139

2) Vgl. Mellerowicz, K.: Betriebswirtschaftslehre ...,
a.a.O., S. 124

3) Ebenda, S. 124

4) Vgl. Mittelstaedt, H.L.: a.a.O., S. 24

5) Vgl. Hennig, K.W.: Betriebswirtschaftslehre ...,
a.a.O., S. 56

gefertigten Produkten oder einer Änderung des Bedarfs zeigen.¹⁾ Bei einem Zurückgehen der nachgefragten Mengen mindert sich insgesamt die Ausbringung, gleichzeitig steigen bei geringerer Auslastung des Betriebes die fixen Kosten je Stück, so daß nicht nur die Ausbringungsmengen zurückgehen, sondern auch die Gewinnspannen unter der Voraussetzung gleicher Verkaufspreise.²⁾

Eine qualitative Änderung kann mit den bestehenden Produktionsmitteln in den meisten Fällen nicht bewältigt werden, da sie auf veränderte Aufgaben nicht umgestellt werden können, was bei Werkstättenfertigung viel eher gegeben ist. Erforderlich ist dann zumindest ein Umbau der Maschinen, der durch Verwendung von standardisierten Aufbaueinheiten erleichtert und verkürzt werden kann.³⁾ Wenn diese Möglichkeit nicht besteht, müssen neue Maschinen beschafft werden. In beiden Fällen führt die qualitative Anpassung zu einer Kostensteigerung.

Die Fließfertigung ist außerdem anfällig gegenüber betrieblichen Störungen. Diese können technischer oder organisatorischer Art sein. Sie führen zu einem Stillstand der gesamten Anlage und damit zu einer verminderten Ausstoßmenge.

Wegen der geringen Anpassungsfähigkeit in quantitativer und qualitativer Hinsicht und der Empfindlichkeit gegenüber betrieblichen Störungen haben sich in der Praxis der Industriebetriebe vielfältige Formen der Fließfertigung herausgebildet, welche die Vorteile so weit wie nötig wahren und die Nachteile in mehr oder weniger starkem Maße zu mindern suchen.

1) Vgl. Mellerowicz, K.: Betriebswirtschaftslehre ..., a.a.O., S. 125

2) Vgl. Opitz, H.: Fertigungsverfahren als Elastizitätsfaktor. In: Dynamische Betriebsführung, Vorträge des 12. Deutschen Betriebswirtschaftler-Tages, Berlin 1959, S. 40 - 56, S. 42

3) Vgl. Moore, F.G./Welti, O.: a.a.O., S. 156 f.

3. Kapitel: Merkmale zur Charakterisierung der Erscheinungsformen der Fließfertigung

A) Merkmale der Träger der Fertigung

I. Einleitung

Die Erzeugung von Gütern im Industriebetrieb kann grundsätzlich auf zwei verschiedene Arten vor sich gehen: Das Produkt entsteht durch das direkte Einwirken menschlicher Arbeitskräfte oder die Herstellung erfolgt auf Maschinen bzw. in Apparaten. Wir wollen diese zwei Arten der Produktion als Handarbeit bzw. maschinelle Fertigung bezeichnen, je nachdem ob der Mensch oder das Produktionsmittel die Träger des eigentlichen Fertigungsverfahren sind.¹⁾

Bei der Handarbeit "gibt der Mensch selbst die Kraft zur Durchführung der Arbeitsoperationen und zur Führung der Werkzeuge her, und ebenso wird der Erfolg der Arbeit im wesentlichen durch seine Intelligenz und Geschicklichkeit bestimmt. Bei maschineller Fertigung wird die Energie durch Kraftmaschinen geliefert, während die Fertigungsoperationen von Arbeitsmaschinen durchgeführt werden."²⁾

Zwar ist der Mensch auch bei der maschinellen Fertigung beteiligt, aber seine Aufgabe besteht hier darin, eine Maschine oder Anlage zu "bedienen" oder eine Teilaufgabe des Fertigungsverfahren bei einem Produktionsmittel auszuüben, wie z.B. das Beschicken und Entleeren von Maschinen. Die eigentlichen Fertigungsoperationen werden jedoch vom Produktionsmittel ausgeführt.³⁾

II. Der Mensch als Träger der Fertigung

1. Vorbemerkung

Wir werden im folgenden unsere Ausführungen nur auf die reine Handarbeit beziehen. Die Tatsache, daß die mensch-

1) Vgl. auch Nowak, G.: a.a.O., S. 10 f.

2) Hax, K.: Industriebetrieb, a.a.O., S. 250 f.

3) Vgl. Gutenberg, E.: a.a.O., S. 92

liche Arbeitskraft auch bei maschineller Fertigung eine mehr oder weniger große Bedeutung hat - je nach dem Grad der Mechanisierung der Produktionsmittel - soll für unsere Zwecke hier nicht weiter interessieren. Damit erfahren unsere Ausführungen über das Merkmal des Grads der Universalität allerdings eine gewisse Einengung, da wir die manuelle Tätigkeit von Arbeitskräften an Produktionsmitteln nicht berücksichtigen. Fließfertigung bei reiner Handarbeit finden wir nur in Betrieben mit mechanischer Technologie, dort vor allem bei der Montage.

2. Grade der Universalität der menschlichen Arbeitskraft

Der Mensch kann im allgemeinen auf Grund seiner vorhandenen körperlichen, geistigen und seelischen Kräfte für eine Vielzahl unterschiedlicher Aufgaben eingesetzt werden.¹⁾ Er ist nicht - wie das Produktionsmittel - an ganz bestimmte Arbeitsgänge gebunden, da er die Fähigkeit besitzt, sich innerhalb einer gewissen Zeitspanne auf andere Aufgaben umzustellen. Kern bezeichnet den Menschen daher - im Gegensatz zu den Produktionsmitteln - als einen "Vielzweck-Produktionsfaktor".²⁾

Der Grad seiner Universalität wird vor allem bestimmt durch das Niveau seiner Begabung und die Art seiner Ausbildung.³⁾ Wir können danach den ungelernten, angelernten Arbeiter sowie den Facharbeiter unterscheiden. Der ungelernte Arbeiter wird in den meisten Fällen nur sog. Hilfsarbeiten durchführen, bei der Fertigung selbst ist er kaum beteiligt. Der Facharbeiter ist gekennzeichnet durch eine qualifizierte Fachausbildung, die meist auf einer abgeschlossenen Lehre beruht.⁴⁾ Er ist vielseitig und damit Arbeitsuniversalist, und kann ohne jede längere Anlaufzeit alle Aufgaben übernehmen, die innerhalb seines

1) Vgl. Böhrs, H./Bramesfeld, E./Euler, H.: Einführung in das Arbeits- und Zeitstudium, München 1948, S. 61

2) Vgl. Kern, W.: a.a.O., S. 54; siehe auch Ellinger, Th.: a.a.O., S. 85

3) Vgl. Wöhe, G.: a.a.O., S. 59

4) Vgl. Mellerowicz, K.: Unternehmenspolitik, Bd. II, 2. Aufl., Freiburg 1963, S. 292; siehe auch Huber, K.: Industriebetriebslehre, 9. Aufl., Bad-Homburg - Berlin - Zürich 1964, S. 48 f.

Fachgebiets liegen. Der angelernte Arbeiter ist dagegen auf bestimmte Verfahren im arbeitsteiligen Fertigungsablauf spezialisiert,¹⁾ er besitzt keine Fachausbildung, sondern wird nach einer angemessenen Anlernzeit mit bestimmten Aufgaben beschäftigt. Seine Auswahl für bestimmte Tätigkeiten ist nicht eine Frage der Qualifikation für diese Arbeit, "sondern der grundsätzlichen Eignung, Anpassungsfähigkeit und Bereitschaft für die vorgesehenen Aufgaben."²⁾

Das Leistungsvermögen des angelernten Arbeiters ist gegenüber den Fähigkeiten des Facharbeiters eingeschränkt, allerdings kann er sich auf neue Aufgaben relativ leicht umstellen.³⁾ Wir wollen beim Facharbeiter von einer uneingeschränkten Universalität, beim angelernten Arbeiter von einer eingeschränkten, aber latent vorhandenen Universalität sprechen. Da der Wert des Facharbeiters in der Beherrschung vieler Tätigkeiten liegt, wird er vorwiegend dort eingesetzt, wo eine erhebliche Zahl von Verrichtungen für die einzelne Arbeitskraft vorgesehen ist. Der angelernte Arbeiter ist dagegen meist nicht in der Lage, eine größere Folge von Arbeitsoperationen auszuführen. Er wird daher dann eingesetzt, wenn die durchzuführenden Verrichtungen eine gewisse Zahl nicht überschreiten und relativ leicht ohne besondere fachliche Kenntnisse vorgenommen werden.

1) Vgl. Leitner, F.: Wirtschaftslehre des Industriebetriebs, Frankfurt a.M. 1944, S. 30; siehe auch Haushofer, M.: a.a.O., S. 43

2) Mellerowicz, K.: Unternehmenspolitik, a.a.O., S. 293

3) Bruhn spricht davon, daß die verschiedenen Arbeitsfähigkeiten mehr oder weniger latent vorhanden sind und "im Bedarfsfall durch Anleitung, Ausbildung und Übung geweckt und aktualisiert werden müssen". Vgl. Bruhn, E.: Die Bedeutung der Potentialfaktoren für die Unternehmenspolitik, Berlin 1965, S. 152

III. Das Produktionsmittel als Träger der Fertigung

1. Eigenarten der Produktion bei mechanischen und chemischen Verfahren

Die zwei Gruppen von Fertigungsverfahren unterscheiden sich vor allem in der Art des Ablaufs und der Gestalt der Produkte, die bearbeitet werden. Diese Unterschiede haben u.a. eine Bedeutung bei Fragen der Mechanisierung und der Spezialisierung von Produktionsmitteln.

Bei mechanisch-technologischen Verfahren werden gegebene Werkstoffe durch Einwirken äußerer Kräfte in ihrer Gestalt umgeformt. Der Fertigungsfortschritt wird unterbrochen, sobald diese Kräfte ihr Wirken einstellen. "Demgegenüber laufen viele chemischen Umwandlungen von selbst ab, wenn erst einmal die erforderlichen Reaktionsbedingungen geschaffen worden sind."¹⁾ Wenn die Reaktion eingeleitet ist, reagieren die einzelnen Substanzen ohne weitere äußerliche Eingriffe, "wie von einer inneren Kraft getrieben." Diese Eigengesetzlichkeit des Ablaufs kann als charakteristisch angesehen werden für chemische Verfahren im Gegensatz zu den mechanischen Verfahren.²⁾ Es liegt in der Natur der Stoffumformung bei mechanisch-technologischen Prozessen, daß im Prinzip geformte Produkte hervorgebracht werden, während bei chemischen Umwandlungsprozessen meist Flüssigkeiten, Gase oder Substanzen in loser Form (Schüttgüter), also gestaltlose Produkte entstehen.³⁾

Aus diesen Eigenarten ergeben sich Konsequenzen für die Möglichkeiten von Produktänderungen. Im Gegensatz zu den äußerst zahlreichen Variationen bei mechanischen Verfahren ist bei chemischen Reaktionen "die Umgruppierung we-

1) Riebel, P.: Mechanisch-technologische ..., a.a.O., S. 424

2) Riebel, P.: Industrielle ..., a.a.O., S. 66; siehe auch Lehmann, M.R.: Zur Systematik der Industriebetriebslehre. In: ZfB, 2. Jg. (1925), S. 250 - 260, S. 259

3) Vgl. Riebel, P.: Mechanisch-technologische ..., a.a.O., S. 416, f.

der qualitativ noch quantitativ in beliebiger Weise möglich." ¹⁾ Denn die naturgesetzlich determinierten Vorgänge bei der Stoffumwandlung lassen der Veränderung und Beeinflussung des Fertigungsablaufs und der Gestaltung der Produkte wesentlich geringere Spielräume als die Gesetzmäßigkeiten der Stoffumformung. ²⁾ Die ungleich größeren Variationsmöglichkeiten bei mechanisch-technologischen Verfahren erfordern das Mitwirken von Menschen, bei der Gestaltung und den einzelnen Verfahren, während chemische Reaktionen wegen der Eigengesetzlichkeit ihres Ablaufs keiner direkten Mitwirkung des Menschen bedürfen. ³⁾ Die verschiedenen Möglichkeiten in der Aneinanderreihung der Arbeitsgänge, in der Materialauswahl, der Form und der Bemessung der Produkte, die in mechanisch-technologischen Zweigen gegeben sind, bestehen bei chemischen Prozessen in wesentlich geringerem Maße oder überhaupt nicht. ⁴⁾ Diese Eigenarten der Fertigung bedingen jeweils unterschiedliche Arbeitsvorgänge bei der Formgebung im Gegensatz zur Stoffumwandlung von Produkten. ⁵⁾ Die Umformung eines bereits im gewünschten Zustand vorhandenen Materials erfolgt auf Arbeitsmaschinen. Diese Vorgänge verlangen "eine ganz bestimmte Positionierung des Werkzeugs gegenüber dem Werkstück." ⁶⁾ Bestimmte Teile der Maschine bewegen sich dabei in festen Bahnen und in regelmäßiger Wiederkehr. ⁷⁾ Während das Fertigungsziel

1) Riebel, P.: Mechanisch-technologische ..., a.a.O., S. 423

2) Vgl. ebenda, S. 422

3) Vgl. Lehr, H.: Die Bedeutung der Apparaturen für die industrielle Güterproduktion, Diss., Heidelberg 1951, S. 5

4) Vgl. Riebel, P.: Mechanisch-technologische ..., a.a.O., S. 427

5) Vgl. Weblus, B.: Produktionseigenarten der chemischen Industrie, ihr Einfluß auf Kalkulation und Programmgestaltung, Berlin 1958, S. 17

6) Riebel, P.: Industrielle ..., a.a.O., S. 110. "Unter Positionierung ist die ihren Formen und Abmessungen entsprechende Zuordnung von Werkstück und Werkzeug zu verstehen." (S. 110)

7) Vgl. Henglein, F.A.: a.a.O., S. 19

hier durch Einwirken von Werkzeugen erzielt wird, erfolgt eine chemische Stoffumwandlung durch das Einwirken bestimmter physikalischer Größen wie Temperatur, Druck und Verweilzeit sowie von Katalysatoren.¹⁾

Wegen der Eigenarten chemischer Reaktionen vollzieht sich die Stoffumwandlung in meist geschlossenen Produktionsmitteln.²⁾ Sie müssen "einmal die für die Verfahrensgruppen geltenden optimalen Bedingungen auf die Stoffe übertragen und zum anderen ... den Durchsatz der Stoffe und ihren Umsatz möglichst ohne Dazwischengreifen oder Unterbrechen gewährleisten."³⁾ Der Fortschritt der Fertigung erfolgt hier ohne eine regelmäßige, zwangsläufige Bewegung von Teilen des Produktionsmittels.⁴⁾

Bei physikalischen Verfahren finden wir häufig eine Einwirkung von Vorrichtungen, die den Werkzeugen im Prinzip ähnlich sind, allerdings ist eine Positionierung wegen der meist formlosen Gestalt der Produkte nicht erforderlich.

Auf Grund der unterschiedlichen Wirkungskräfte bei den verschiedenen Verfahren können wir Werkzeugmaschinen als aktive Produktionsmittel und chemische Apparate als passive Produktionsmittel bezeichnen,⁵⁾ während physikalische Apparate eine Mittelstellung einnehmen.

-
- 1) Vgl. Riebel, P.: Kosten- und Ertragsverläufe bei Prozessen mit verweilzeitabhängiger Ausbeute. In: ZfhF, N.F., 9. Jg. (1957), S. 217 - 248, S. 217
 - 2) Vgl. Riebel, P.: Mechanisch-technologische ..., a.a.O., S. 419
 - 3) Hoppmann, H.: a.a.O., S. 115
 - 4) Vgl. Kosiol, E./Szyperski, N./Chmielewicz, K.: Zum Standort der Systemforschung im Rahmen der Wirtschaftswissenschaften. In: ZfbF N.F., 17. Jg. (1965), S. 337 - 378, S. 363
 - 5) Nach einem Vorschlag von Hilf, der diese Unterscheidung allerdings in einem etwas anderen Sinn verwendet. Vgl. Hilf, H.H.: a.a.O., S. 174 f. Das passive Verhalten der chemischen Apparate beim Fertigungsverfahren wird auch in anderen Bezeichnungen angedeutet, wie z.B. Reaktionsräume, Umsetzer, die den chemischen Reaktionen dienen. Vgl. Henglein, F.A.: a.a.O., S. 179

Bei chemischen und physikalischen Apparaten können wir unterscheiden, ob der Vorgang kontinuierlich oder diskontinuierlich abläuft.¹⁾ Das diskontinuierliche Verfahren ist gekennzeichnet durch eine "zeitlich unterbrochene Beschickung und ebenfalls Entleerung des betreffenden Apparates und demnach die zeitlich nur begrenzte, periodisch wiederkehrende Ausnutzung."²⁾ Beim kontinuierlichen Verfahren wirkt das Produktionsmittel dagegen in stetiger Weise auf das Einsatzgut ein. Die Anlage wird also nicht mehr rhythmisch beschickt und entleert sondern die Stoffe fließen stetig zu und werden stetig abgenommen.³⁾ Das Kriterium für diese Unterscheidung liegt also in der Art und Weise des Stofftransports durch die Apparatur im Zeitverlauf im Hinblick auf das einzelne Verfahren.⁴⁾

Neben den reinen Ausprägungen dieses Merkmals gibt es auch Mischformen. So wird z.B. der Hochofen für die Roheisenerzeugung chargenweise beschickt und entleert, während der Umwandlungsprozeß kontinuierlich abläuft. Dies wird auch als halbkontinuierliches Verfahren bezeichnet.⁵⁾ Außerdem gibt es noch ein sog. quasi-kontinuierliches Verfahren, "bei dem eine Gruppe gleicher Apparate neben- oder hintereinandergeschaltet und ganz oder teilweise kontinuierlich durchströmt werden, während die einzelnen Apparate außer-

1) Wir fassen das Merkmal der Art des technologischen Ablaufs des Fertigungsverfahrens (Art der Beschickungsweise) hier als ein Merkmal des Produktionsmittels auf.

2) Kölbel, H./Schulze, J.: Projektierung und Vorkalkulation in der chemischen Industrie, Berlin - Göttingen - Heidelberg 1960, S. 104

3) Vgl. Riebel, P.: Industrielle ..., a.a.O., S. 100

4) Kölbel, H./Schulze, J.: Projektierung ..., a.a.O., S. 104. Vgl. im übrigen Hoffmann, H.: a.a.O., S. 96 f.; Sulfrian, A./Pelzer, J.: Betriebs- und gesamtwirtschaftliche Probleme der chemischen Produktion, Stuttgart 1938, S. 56 f.; Sulfrian, A.: Lehrbuch der chemisch-technischen Wirtschaftslehre, Stuttgart 1927, S. 121 ff.; Jähne, F.: a.a.O., S. 96 ff.; Weblus, B.: a.a.O., S. 18 f.; Riedelbauch, H.: Partie- und Chargenfertigung in betriebswirtschaftlicher Sicht. In: ZfhF N.F., 9. Jg. (1957), S. 532 - 553, S. 535 ff.; Gälweiler, A.: a.a.O., S. 61 ff.; Riebel, P.: Industrielle ..., a.a.O., S. 96 ff.; Ost-Rassow: Lehrbuch der chemischen Technologie 27. Aufl., Bd. I, Leipzig 1965, S. 66 ff.; Kölbel, H./Schulze, J.: Abgrenzung ..., a.a.O., S. 157 f.

5) Vgl. Kölbel, H./Schulze, J.: Abgrenzung ..., a.a.O., S. 158

dem nach einem bestimmten Schaltprogramm abwechselnd den Beschickungs- und Entleerungsoperationen unterworfen werden." Ein gutes Beispiel hierfür finden wir bei den Ofenbatterien in den Gaswerken.²⁾

Eine Fertigungsfolge kann aus Apparaten bestehen, die alle diskontinuierlich oder alle kontinuierlich arbeiten, oder sie weist Produktionsmittel beider Beschickungsarten auf.³⁾

2. Der Grad der Mechanisierung des Produktionsmittels

a) Der Begriff Mechanisierung

Wir wollen die "Substitution wiederkehrender menschlicher Arbeitsverrichtungen, und zwar sowohl körperlicher wie geistiger Tätigkeiten, durch technische Einrichtungen der verschiedensten Art"⁴⁾ als Mechanisierung bezeichnen. Die Abgrenzung zum Begriff der Automatisierung ist schwierig. Im allgemeinen wird darunter ein besonders hoher Grad der Mechanisierung verstanden. Die Frage, von welchem Grad der Mechanisierung an von Automatisierung gesprochen werden kann, wird in der Literatur unterschiedlich beantwortet.⁵⁾ Jedoch hat sich die Definition von Dolezalek weit-

- 1) Vgl. Kölbel, H./Schulze, J.: Abgrenzung ..., a.a.O., S. 158
- 2) Vgl. auch Riebel, P.: Industrielle ..., a.a.O., S. 107
- 3) Vgl. Kölbel, H./Schulze, J.: Projektierung ..., a.a.O., S. 104
- 4) Riebel, P.: Industrielle ..., a.a.O., S. 113; siehe auch Krüger, G.: Mechanisierung. In: HdSW, Bd. 7, S. 266 - 269, S. 267
- 5) Vgl. zum Begriff der Automatisierung im einzelnen: z.B. Einzig, P.: The Economic Consequences of Automation, London 1956, S. 1 ff.; Hartmann, G.: Die Automation und unsere Zukunft, Stuttgart 1957, S. 7 ff.; Heilingbrunner, O.: Technik der Automatisierung, München 1958, S. 11 ff.; Schachtschabel, H.G.: Automation in Wirtschaft und Gesellschaft, Reinbek 1961, S. 12 ff.; Tagwerker, H.: Automation, soziale und wirtschaftliche Probleme, Berlin 1962, S. 9 f.; Pollock, F.: Automation, Materialien zur Beurteilung der ökonomischen und sozialen Folgen, 2. Aufl., Frankfurt a.M. 1964, S. 14 ff. Einen guten Überblick über die verschiedenen Auffassungen bieten: Faehndrich, H.: Betriebswirtschaftliche Zielsetzung der Automation. In: BFuP, 13. Jg. (1961), S. 702 - 713, S. 702 f.; Schmidt, E.: Die Automation in organisationstheoretischer Betrachtung, Berlin 1966, S. 16 ff.

gehend durchgesetzt, der die Automatisierung kennzeichnet als "Befreiung des Menschen von der Ausführung immer wiederkehrender gleichartiger Verrichtungen und ... seine Loslösung aus der zeitlichen Bindung an den Rhythmus maschineller und anderer technischer Einrichtungen."¹⁾ Anders formuliert befreit die Automatisierung "den Menschen von einem bestimmten Teil der Kontroll- und Lenkungs-tätigkeit im Produktionsprozeß, das heißt von Tätigkeiten, die bereits geistige Arbeit verkörpern."²⁾ Die Intensität der Loslösung aus der zeitlichen Bindung bzw. die Befreiung von geistigen Arbeiten ist unterschiedlich, und die Unklarheiten über den Begriff der Automatisierung rühren vor allem daher, daß die Autoren jeweils verschiedene Intensitätsgrade als Kriterien für das Vorliegen einer Automatisierung annehmen.

b) Grade der Mechanisierung des Produktionsmittels

Wir können die verschiedenen Produktionsmittel kennzeichnen nach ihrem Grad der Mechanisierung. Als Kriterium dient das Maß, in dem menschliche Tätigkeit an der Arbeitsleistung von Produktionsmitteln beteiligt ist.³⁾ Zur näheren Kennzeichnung wollen wir die Vorgänge bei der Fertigung in Teilvorgänge auflösen. Der Mechanisierungsgrad bestimmt sich dann danach, welche Teilaufgaben von technischen Einrichtungen erfüllt werden und welche noch eines menschlichen Eingreifens bedürfen.⁴⁾

Ganz allgemein können wir die Fertigung in vier Teilvorgänge aufgliedern: den eigentlichen Fertigungsvorgang

1) Dolezalek, C.M.: Automatisierung - Automation. Ein Beitrag zur Klärung der Begriffe. In: VDI-Zeitschrift, 98. Jg. (1956), S. 563 - 564, S. 564; siehe auch derselbe: Probleme der Automatisierung ..., a.a.O., S. 34

2) Auerhan, J.: Die Automatisierung und ihre ökonomische Bedeutung, Berlin 1961, S. 13

3) Vgl. Gutenberg, E.: a.a.O., S. 92

4) Vgl. Dolezalek, C.M./Ropohl, G.: Ansätze ..., a.a.O., S. 638; siehe auch Opitz, H.: Technische und wirtschaftliche Aspekte der Automation, Köln und Opladen 1961, S. 12

(Stoffumformung oder -umwandlung) - die Nebentätigkeiten (Zufuhr, Entnahme des Werkstücks bzw. Beschicken und Entleeren, Anfahren und Stillsetzen etc.) - die Steuerung des Ablaufs (Steuerung der Bewegungen des Werkzeugs und der Schaltvorgänge, wie Einschalten des Vorschubs etc.) - die Regelung des Ablaufs.¹⁾ Unter Regelung wollen wir das Korrigieren und die Beseitigung von Störungen des Ablaufs verstehen.²⁾ Einem Eingreifen gehen in der Regel zwei Schritte voraus. Der erste besteht in dem Feststellen der effektiven Verhältnisse, dies wird durch Messung bestimmter Größen ermittelt und stellt eine quantitative Beurteilung eines Zustands dar. Der zweite Schritt liegt im Erkennen von Abweichungen gegenüber dem geplanten Zustand. Dies wird durch Prüfen und Vergleichen von Größen festgestellt und kann als eine qualitative Beurteilung bezeichnet werden.³⁾ Der letzte Schritt besteht dann in einem Eingreifen in den Ablauf, falls dies erforderlich ist. Diese Unterteilung läßt sich beziehen auf das einzelne Produktionsmittel, das Zusammenwirken mehrerer Einheiten in einer Reihe sowie auf die Produktionsmittel der verschiedenen Technologien. Wir können danach insgesamt fünf Grade der Mechanisierung unterscheiden.⁴⁾

-
- 1) Vgl. Zacher, G.: Der Einfluß der Rationalisierung der Fertigungsverfahren auf die Werkzeugmaschinenherstellende Unternehmung, Frankfurt a.M. 1965, S. 47; Goebel, H.: Die Entwicklungsstufen bis zur Automatisierung in der mechanischen Fertigung. In: Industrielle Automatisierung, 1. Jg. (1956), Heft 1, S. 5 - 10, S. 5
 - 2) Vgl. Zacher, G.: a.a.O., S. 58
 - 3) Vgl. Dolezalek, C.M.: Automatisierung in der industriellen Fertigung. In: Hütte, Taschenbuch für Betriebsingenieure, Bd. III, 6. Aufl., Berlin - München 1965, S. 1066 - 1106, S. 1070
 - 4) Die Bildung der Grade der Mechanisierung wird in der Literatur in unterschiedlicher Weise vorgenommen, Vgl. z.B. Friedmann, G.: Der Mensch in der mechanisierten Produktion, Köln 1952, S. 184; Hornauer, W.: Industrielle Automatisierungstechnik, 4. Aufl., Berlin 1961, S. 15 f.; Steeger, A.: Betrachtungen zur Automatisierung in der Fertigung. In: Refa-Nachrichten, 9. Jg. (1956), S. 125 - 127, S. 125; Rohmert, W.: Kybernetische Aspekte der Arbeitswissenschaft bei zunehmender Automatisierung. In: VDI-Zeitschrift, 109. Jg. (1967), S. 1283 - 1290, S. 1284; Dolezalek, C.M./Ropohl, G.: Ansätze ..., a.a.O., S. 715

Der geringste Mechanisierungsgrad ist dadurch gekennzeichnet, daß der eigentliche Fertigungsvorgang von einem Produktionsmittel ausgeführt wird, das Produkt jedoch einer manuellen Führung bedarf. Beispiele finden wir vor allem bei den zusammenfügenden Verfahren, wie Nähen, Schweißen, Löten. Die übrigen Teilvorgänge werden ebenfalls manuell ausgeübt. Wir wollen diesen Mechanisierungsgrad kurz als "manuelle Führung des Produkts" bezeichnen.

In der nächsten Stufe der Mechanisierung wird die manuelle Führung des Produkts durch eine mechanische Führung ersetzt. Die Tätigkeit des Arbeiters besteht in der Durchführung von Nebenaufgaben wie Beschicken und Entleeren etc., die unterschiedlich sind je nach Art des technologischen Verfahrens.¹⁾ Auch die Steuerung und die Regelung des Ablaufs liegen in seiner Hand. Wir wollen hier von einer "mechanischen Führung des Werkstücks" sprechen. In der dritten Stufe sind neben dem eigentlichen Fertigungsvorgang auch die Nebentätigkeiten mechanisiert.²⁾ Die Mechanisierung des Transports ist nur beim direkten Zusammenwirken mehrerer Produktionsmittel möglich. Sie ist gekennzeichnet durch eine automatische Weitergabe der Werkstücke. "Transfer machines secure a continuous flow of the process of production without intervention of human labour. Instead of having to shift the work piece from one press or machine tool to another, this is done by the transfer machine."³⁾

1) Vgl. dazu Riebel, P.: Industrielle ..., a.a.O., S. 122, 140

2) Zwischen der zweiten und dritten Stufe gibt es einige Zwischenformen, je nachdem, wieviel der Nebenaufgaben von der Mechanisierung erfaßt werden. Eine Zusammenstellung mechanisierbarer Aufgaben bei mechanisch-technologischen Verfahren gibt Weis, O.: Die Automatisierung der industriellen Fertigung, Diss., Nürnberg, 1961, S. 11

3) Binzig, P.: a.a.O., S. 5. Diese Stufe der Mechanisierung wird auch als "Detroit type of automation" bezeichnet. Vgl. Opitz, H.: Fertigungsverfahren ..., a.a.O., S. 41

Wir wollen hier von einer manuellen Steuerung des Ablaufs sprechen, denn es verbleiben die Aufgaben der Steuerung, die je nach Technologie einen unterschiedlich großen Umfang aufweisen sowie das Eingreifen in den Ablauf bei Abweichung vom geplanten Ablauf. Die Vorgänge des Messens und Prüfens können bei diesem Mechanisierungsgrad wie beim folgenden jeweils unterschiedlich stark mechanisiert sein.¹⁾ Auf dieser Stufe ist der Arbeiter noch an den Rhythmus des Produktionsmittels gebunden, es liegt also insoweit keine Automatisierung vor.

In der vierten Stufe wird die manuelle Steuerung des Ablaufs durch eine automatische Steuerung ersetzt. Die Aufgaben des Menschen beschränken sich darauf, die Maschinen ein- und abzustellen und die Regelung des Ablaufs durchzuführen.²⁾ "Bei der Automatisierung des Steuervorgangs ist die menschliche Signalübermittlung und Informationsspeicherfunktion zu ersetzen."³⁾ Diese Aufgaben können von mechanischen Speichern, Netzwerk- oder Bandspeichern übernommen werden.⁴⁾

Die höchste Stufe der Mechanisierung ist erreicht, wenn auch die Regelung des Ablaufs automatisch erfolgt. "Beobachtet eine Maschine den Fortgang der Arbeiten selbst und sorgt sie durch automatische Rückmeldung (feed-back) dafür, daß automatisch Korrekturen vorgenommen werden, wenn die den Maschinen vorgegebenen Soll-Werte (das Programm) nicht eingehalten werden, dann ist die Steuerung durch Menschen vollständig durch die Steuerung der Maschine er-

1) Vgl. zu den verschiedenen Stufen der Mechanisierung des Messens und Prüfens: Riebel, P.: Industrielle ..., a.a.O., S. 125 ff, 147 ff.; siehe auch Marquis, A.: Das hierarchische System in der industriellen Automation. In: Industrielle Organisation, 35. Jg. (1966), S. 283 - 287, S. 283

2) Vgl. Gutenberg, E.: a.a.O., S. 95

3) Zacher, G.: a.a.O., S. 50

4) Vgl. dazu im einzelnen: ebenda, S. 51 ff.; Riebel, P.: Industrielle ..., a.a.O., S. 150 ff.; Dolezalek, C.M.: Automatisierung ..., a.a.O., S. 1083 ff.

setzt. Diese auf dem Rückmeldeprinzip beruhende Selbstregulierung wird in der technischen Sprache als Regelkreis (closed loop- oder feed-back System) bezeichnet."¹⁾ Das Prinzip besteht darin, daß Ist-Größen an den verschiedenen Stellen gemessen und an eine zentrale Stelle zurückgemeldet werden. Sie werden hier mit den im Programm vorgegebenen Soll-Größen verglichen und bei Abweichung erfolgt von hier aus eine Einwirkung auf die Einflußgrößen in der Weise, daß der Ist-Wert mit dem Soll-Wert zur Übereinstimmung kommt."²⁾ Dem Menschen bleibt nur noch die Überwachung der ganzen Anlage. Diese Stufe bezeichnet Schachtschabel als "perfekte oder avantgardistische Automatisierung."³⁾ Wir wollen diesen höchsten Grad der Mechanisierung als automatische Regelung bezeichnen.

c) Anmerkungen zum Auftreten der Mechanisierungsgrade bei Produktionsmitteln der verschiedenen Technologien.

Betrachten wir die fünf Mechanisierungsgrade, die wir als manuelle Führung des Werkstücks, mechanische Führung des Werkstücks, manuelle Steuerung, automatische Steuerung und automatische Regelung des Ablaufs bezeichnet haben, bei den verschiedenen technologischen Verfahren, so ergibt sich, daß sie nicht überall auftreten und daß ihre Bedeutung jeweils unterschiedlich ist.

So finden sich die Mechanisierungsgrade 1 und 2 vorwiegend bei mechanischen Verfahren, überhaupt nicht dagegen bei chemischen Reaktionen, denn diese Vorgänge setzen auf Grund der Eigengesetzlichkeit ihres Ablaufs einen höheren Grad der Mechanisierung von selbst voraus. Aus diesem Grund ist bei chemischen Verfahren der Umfang der mensch-

1) Gutenberg, E.: a.a.O., S. 95

2) Vgl. Grochla, E.: Automation und Organisation, Wiesbaden 1966, S. 41; siehe dazu ferner Hornauer, W.: a.a.O., S. 17 ff.; Heilingbrunner, O.: a.a.O., S. 115 ff.; Auerhan, J.: a.a.O., S. 22 f.; Bittorf, W.: a.a.O., S. 73 ff.

3) Vgl. Schachtschabel, H.G.: a.a.O., S. 56

lichen Arbeit von vorneherein geringer, er umfaßt im Höchstfall die Durchführung einiger Nebentätigkeiten, die Steuerung und die Regelung des Ablaufs.¹⁾ Somit ist der Bereich der Mechanisierungsmöglichkeiten wesentlich geringer. Denn "sind die für die chemische Reaktion erforderlichen Bedingungen erst einmal geschaffen, dann reagieren die Ausgangsstoffe ohne weiteres Zutun wie von selbst."²⁾ Vor allem bei Apparaturen mit jeweils kontinuierlichen Verfahren der einzelnen Einheiten und einer Fließanordnung ist der selbsttätige Transport und eine automatische Steuerung fast von selbst gegeben. Wir finden hier eine fast selbstverständliche oder unbewußte Automatisierung vor.³⁾ Dagegen findet sich eine automatische Regelung fast ausschließlich bei physikalischen und chemischen Vorgängen, bei mechanischen Verfahren ist sie jedoch kaum verwirklicht.⁴⁾

Die unterschiedliche Bedeutung der Mechanisierungsgrade bei den verschiedenen Technologien wird besonders deutlich, wenn wir das einzelne Produktionsmittel nicht für sich betrachten, sondern von einem Zusammenwirken mehrerer Einheiten in einer Fließanordnung ausgehen. Bei mechanischer Technologie treten Fließstraßen mit den Mechanisierungsgraden 1 bis 4 auf, denn Abläufe mit automatischer Regelung sind hier kaum denkbar.⁵⁾ Selbst bei che-

1) Vgl. Lehmann, M.R.: Zur Systematik ..., a.a.O., S. 259; Riebel, P.: Mechanisch-technologische ..., a.a.O., S. 426

2) Riebel, P.: Industrielle ..., a.a.O., S. 66

3) Vgl. Schachtschabel, H.G.: a.a.O., S. 64; siehe auch Kühnert, H. a.a.O., S. 19. "Wenn heute so viel von Automatisierung die Rede ist, so scheint ... beachtenswert, daß von Revolutionierung der industriellen Fertigung allenfalls dort gesprochen werden kann, wo Fertigungsabläufe in Zweigen der zusammenbauende Industrie (und mechanischer Technologie, H.R.) automatisch gestaltet werden. Denn in Zweigen mit analytischer oder durchlaufender Stoffverwertung (bei chemischer und physikalischer Technologie, H.R.) ... kennt man weitgehend automatische Abläufe seit langem." Schäfer, E.: Die Massenfertigung ..., a.a.O., S. 672

4) Vgl. Zacher, G.: a.a.O., S. 59

5) Vgl. a. Riebel, P.: Industrielle ..., a.a.O., S. 150 ff: Die automatische Steuerung des Ablaufs stellt bei ihm die höchste Stufe der Mechanisierung bei mechanischer Technologie dar.

mischen Anlagen ist diese höchste überhaupt denkbare Stufe der Automatisierung bisher noch kaum realisiert und sie wird auch aus rein wirtschaftlichen Gründen nur begrenzt angewendet werden können.¹⁾ Bei chemischer Technologie ist eine Fließfertigung eigentlich nur mit den Mechanisierungsgraden 3 bis 5 denkbar. Denn "in der Eingengesetzlichkeit chemischer Reaktionen ... liegt bereits eine natürliche Automatie.... Einer besonderen Mechanisierung .. bedürfen dabei jene Einrichtungen, die notwendig sind, um den Reaktionsablauf durch ständige Kontrolle und Regelungen der Betriebsbedingungen rationell und sicher zu gestalten."²⁾

Bei physikalischen Stoffumwandlungsprozessen sind die Mechanisierungsgrade 2 bis 5 denkbar. Eine manuelle Führung des Produkts ist schon aus Gründen, die in der Art der Fertigung und der Gestalt der Erzeugnisse liegen, nicht möglich, so daß hier als geringster Mechanisierungsgrad die mechanische Führung des Produkts angesehen ist. Hieraus ergibt sich folgende Übersicht:³⁾

Technologie Mecha- nisierungs- grade	mechanisch	physikalisch	chemisch
manuelle Führung des Produkts	X	-	-
mechanische Führung des Produkts	X	X	-
manuelle Steuerung des Ablaufs	X	X	X
automatische Steuerung des Ablaufs	X	X	X
automatische Regelung des Ablaufs	-	X	X

Übersicht 1

1) Vgl. Riebel, P.: Industrielle ..., a.a.O., S. 130 f.
s.a. Kölbl, H./Schulze, J.: Schwerpunkte ..., a.a.O.,
S. 246

2) Riebel, P.: Industrielle..., a.a.O., S. 120

3) Zur Darstellung: X: tritt dort auf
-: tritt dort nicht auf

Wir kommen damit zu dem Ergebnis, daß die einzelnen Mechanisierungsgrade für die verschiedenen Arten der Technologie jeweils eine andere Bedeutung haben. Dies läßt sich erklären aus der unterschiedlichen Stellung des Menschen bei der Fertigungsdurchführung, die aus den ablauftechnischen Eigenarten zu erklären ist. Aus diesem Grund bedeutet eine Automatisierung bei mechanischer Fertigung etwas anderes als bei chemischen Reaktionen.

Die Automatisierung "befreit den Produktionsprozeß konsequent von seiner Abhängigkeit von den physischen Möglichkeiten des Menschen."¹⁾ Die Geschwindigkeit des Fertigungsablaufs wird damit unabhängig von der menschlichen Leistungsfähigkeit, die begrenzt ist.²⁾ Dies hat für mechanische Verfahren vor allem die Wirkung, daß eine beträchtliche Erhöhung der Ausbringungsmenge möglich wird.³⁾

Bei chemischen Verfahren wird durch die Automatisierung die Verwirklichung sehr rasch ablaufender Prozesse möglich, "bei denen eine Abweichung im Bruchteil einer Sekunde festgestellt und korrigiert werden muß, oder Prozesse, bei deren Regelung mehrere, in kompliziertester Weise voneinander abhängige Größen zu beachten sind."⁴⁾

Das Moment der Sicherheit ist also hier einer der bestimmten Faktoren, der zur Verwendung von Mechanismen anstelle von menschlicher Arbeitskraft führt.⁵⁾ Außerdem ist bei automatisierten Anlagen die Gewähr für eine gleichmäßige Qualität des Produkts erheblich größer, sie arbeiten zuverlässiger als eine von einem Menschen bediente Anlage.⁶⁾

1) Auerhan, J.: a.a.O., S. 15

2) Vgl. Kuhnert, H.: a.a.O., S. 18

3) Vgl. Faehndrich, H.: a.a.O., S. 707

4) Auerhan, J.: a.a.O., S. 23

5) Vgl. Hanson, V.: Automatisierungs-Möglichkeiten und -Grenzen in der chemischen Industrie. In: Industrielle Automatisierung, 2. Jg. (1957), Heft 4, S. 8 - 10, S. 8

6) Vgl. Classen, K./Eifert, G.: Automatisierung der Ammonial-Synthese, In: Chemie-Ingenieur-Technik, 30. Jg. (1958), S. 689 - 692, S. 692

Dies hat aber nicht nur Bedeutung für das Produkt, sondern auch für die Anlage selbst. "Durch die gleichmäßige Belastung der Anlagen tritt ein geringerer Anlagenverschleiß auf, denn es ist bekannt, daß vor allem die durch nachlässige oder falsche Bedienung hervorgerufenen Belastungsspitzen den größten Anlagenverschleiß bedingen. Aus der Stahlindustrie ist beispielsweise bekannt, daß sich durch automatisch geregelte Temperaturen eine bis zu 50 % höhere Haltbarkeit von Anlageteilen zeigte."¹⁾

Wir können somit feststellen, daß die Automatisierung in Betrieben mit mechanischer Technologie sich in erster Linie ein mehr quantitatives Ziel setzt - die Erhöhung der Ausstoßmenge -, während in Betrieben mit chemischer Technologie eine mehr qualitative Zielsetzung besteht, nämlich einen gleichmäßigen und sicheren Produktionsablauf zu gewährleisten.

3. Der Grad der Spezialisierung des Produktionsmittels

a) Der Begriff Spezialisierung

Spezialisierung bedeutet allgemein eine Einschränkung an sich bestehender Möglichkeiten. Der Begriff wird sowohl bezogen auf das Produktionsprogramm eines Betriebes wie auf das Produktionsmittel. Hier handelt es sich dann um eine Einengung von Arbeitsmöglichkeiten, die bei einem Produktionsmittel sonst gegeben wären.²⁾ Es wird also die Umstellungsfähigkeit der Produktionsmittel vermindert. Von Spezialisierung läßt sich eigentlich nur dann sprechen, wenn bei der Festlegung der Arbeitsmöglichkeiten grundsätzlich ein gewisser Spielraum besteht.

Bei der Betrachtung der Spezialisierung sind zwei verschiedene Aspekte zu unterscheiden: "Die 'kleine' Umstel-

1) Costa, H.: Automatisierung in der Glas- und keramischen Industrie. In: Silikattechnik, 7. Jg. (1956), S. 400 - 411, S. 400

2) Vgl. dazu Dolezalek, C.M./Ropohl, G.: Ansätze ..., a.a.O., S. 638; vgl. zur Definition auch Schmidt, E.: Die Automation ..., a.a.O., S. 120

urkeit jeweils nach wenigen Tagen oder Stunden und die große Umstellbarkeit nach Jahr und Tag, wenn ein neues Erzeugnis aufgenommen wird." ¹⁾ Im ersten Fall werden die Werkzeuge und Vorrichtungen ausgewechselt bzw. die Reaktionsbedingungen verändert. Bei der 'großen' Umstellung muß dagegen das Produktionsmittel selbst in seinem Aufbau verändert werden. ²⁾

Die "große Umstellbarkeit" hat ihre besondere Bedeutung für Werkzeugmaschinen mit einer Produktspezialisierung. Früher waren sie so konstruiert, daß bei größeren Produktänderungen der Großteil der Maschine nicht weiter verwendet werden konnte. Später begann man, die Maschinen in ihre Grundelemente, wie Bearbeitungseinheit, Vorschub-einheit etc. aufzuteilen. Diese Grundelemente bestehen aus genormten Aufbaueinheiten, die nach dem Baukastenprinzip in beliebiger Kombination zu Maschinen zusammengestellt werden können. So ist es möglich, bei einer Umstellung auf ein neues Produkt die meisten Aufbaueinheiten wieder zu verwenden, indem sie in anderer Weise kombiniert werden und so eine neue Maschine bilden. ³⁾

Wenn im Zusammenhang mit der Umstellbarkeit von Produktionsmitteln das Baukastensystem angeführt wird, so liegt dessen Bedeutung nicht bei der laufenden sondern bei der einmaligen Umstellung im Falle einer Produkt-

-
- 1) Kienzle, O.: Schritte zur Automatisierung in der Umformtechnik. In: Werkstatttechnik und Maschinenbau, 47. Jg. (1957), S. 393 - 402, S. 395
 - 2) Vgl. ebenda, S. 395
 - 3) Vgl. Riebel, P.: Die Elastizität ..., a.a.O., S. 48 f.

änderung, was oft nicht deutlich genug erkannt wird.¹⁾
Wir wollen im folgenden jedoch nur die "kleine" Umstellbarkeit betrachten.

b) Grade der Spezialisierung des Produktionsmittels

Wenn wir von einer Spezialisierung von Produktionsmitteln sprechen, können wir dies unter zwei verschiedenen Aspekten tun. Wir untersuchen einmal den Grad der Spezialisierung, zum anderen die Richtung der Spezialisierung, Um eine nähere Kennzeichnung der Spezialisierungsgrade vornehmen zu können, wollen wir versuchen, beide Aspekte miteinander zu verbinden, indem wir die Spezialisierungsrichtung als Anhaltspunkt für einen geringen oder hohen Spezialisierungsgrad verwenden.

Der Spezialisierungsgrad drückt das Verhältnis von an sich gegebenen und den bestehenden Möglichkeiten des Einsatzes eines Produktionsmittels aus. Wir unterscheiden nach dem Umfang der Fertigungsmöglichkeiten verschiedene Grade der Spezialisierung.²⁾ Man spricht allgemein von

-
- 1) Vgl. Riebel, P.: Industrielle ..., a.a.O., S. 161 f.; vgl. zum Baukastensystem bei Produktionsmitteln im einzelnen z.B.: Dürr, A.: Sondermaschinen mit umlaufenden Werkzeugen im Baukastensystem. In: Werkstatt und Betrieb, 82. Jg. (1949), S. 265-279, S. 265 f.; Lambertz, R.: Entwicklungslinien im Werkzeugmaschinenbau. In: VDI-Zeitschrift, 91. Jg. (1949), S. 73 - 81, S. 78 ff.; Hesse, A.: Wirtschaftlicher Einsatz neuer zeitlicher Werkzeugmaschinen. In: Werkstatt und Betrieb, 92. Jg. (1959), S. 857 - 912, S. 861 ff.; Matthee, G.: Der Entwicklungsstand der Aufbau-Maschinen. In: Werkstatttechnik, 51. Jg. (1961), S. 559 - 569; Jastrow, G./Loewenich, H.: Die Typnormung der Baueinheiten im Werkzeugmaschinenbau. In: Werkstatttechnik, 53. Jg. (1963), S. 263 - 268; Schaufler, E.: Erfahrungen im Bau von Sondermaschinen. In: Werkstatttechnik, 52. Jg. (1962), S. 121 - 126, Georg, O.: Über die Bedeutung von Grundeinheiten im Werkzeugmaschinenbau. In: Werkstatttechnik, 52. Jg. (1962), S. 235 - 241
 - 2) Geiger spricht von der Produktelastizität der Produktionsmittel als einem Maß für die Zahl der Arbeitsmöglichkeiten. Vgl. Geiger, E.: Die Produkt- und Mengenplanung im Serienfertigungsbetrieb, Zürich 1961, S. 29

Universal- und Spezialmaschinen bzw. -apparaten.¹⁾ Erfolgt eine Spezialisierung, so kann sie in zwei Richtungen verlaufen. Nach Schäfer kann das Produktionsmittel in seiner Einsatzmöglichkeit auf ein bestimmtes Verfahren (Verrichtung) oder ein bestimmtes Produkt (Objekt) spezialisiert sein.²⁾ Der Spezialisierungsgrad kann nun näher bestimmt werden durch die Art der Richtung der Spezialisierung. Bei der Erörterung der Spezialisierungsgrade von Produktionsmitteln bezieht man sich vor allem auf Werkzeugmaschinen mit spanabhebenden Verfahren.³⁾ Wir wollen daher zunächst ebenfalls die Grade der Spezialisierung für diesen Fall darstellen und dann untersuchen ob die verschiedenen Grade in gleicher Weise für alle übrigen Verfahren der Technologie anwendbar sind.

Auf einer Universalmaschinen können alle Arbeiten einer bestimmten Verrichtungsart ausgeübt werden. Die Werkstücke, die auf ihnen bearbeitet werden, können sehr unterschiedliche Formen und Abmessungen aufweisen. "Ein Aggregat ist also zum Beispiel begrenzt auf die Bearbeitungsart oder Grundoperation Drehen. Es ist eine Univer-

-
- 1) Vgl. dazu beispielsweise Gutenberg, E.: a.a.O., S. 81 ff.; Waffenschmidt, W.: Technik und Wirtschaft, a.a.O., S. 205 f.; Diebold, J.: Die automatische Fabrik, 2. Aufl., Frankfurt a.M. 1955, S. 81 ff.; Ludwig, H.: Die Größendegression der technischen Produktionsmittel, Köln und Opladen 1962, S. 13 f. Moore, E.G.: Manufacturing Management, 3. Aufl., Homewood 1958, S. 129 ff.

Angaben über die geschichtliche Entwicklung der Spezialisierung, besonders von Werkzeugmaschinen, finden sich bei Zacher, G.: a.a.O., S. 69; Hammer, M.: Vergleichen- ..., a.a.O., S. 7 ff.; Wegmüller, H.F.: a.a.O., S. 387 ff.

- 2) Vgl. Schäfer, E.: Produktionswirtschaft ..., a.a.O., S. 539; siehe auch Eitel, K.: Anpassungsfähigkeit der Industriebetriebe im Bereich der Produktionsstruktur. In: Erich Schäfer zum 65. Geburtstag, Festgabe aus dem Kreis seiner Mitarbeiter, Nürnberg, 1965, S. 47 - 76, S. 69 f.
- 3) Vgl. z.B. Kienzle, O./Le Vrang, W.: Maschinen in der Fließarbeit. In: Fließarbeit, Beiträge zu ihrer Einführung, hrsg. von F. Mäckbach und O. Kienzle, Berlin 1928, S. 135 - 167, S. 143 ff.; Hammer, M.: Vergleichen- ..., a.a.O., S. 6 f.; Ludwig, H.: a.a.O., S. 14

saldrehbank, wenn auf ihm die Varianten der Dreharbeit: Langdrehen, Plandrehen, Kegeldrehen, Gewindeschneiden u.ä. vorgenommen werden können. Ähnliche Arbeitsoperationen Bohren oder Fräsen lassen sich auf Universalbohr- oder Universalfräsmaschinen ausführen."¹⁾ Die Bezeichnung 'Universal' bedeutet also nicht, daß die verschiedensten technischen Grundfunktionen wie z.B. Bohren, Fräsen und Drehen auf einer Maschine durchgeführt werden können, sie bezieht sich auf die "potentielle Dimension einer bestimmten Arbeitsfunktion."²⁾ Da mehrere Verfahren einer Grundfunktion ausgeübt werden können, wird die Universalmaschine auch als "Mehrverfahrenmaschine" bezeichnet.³⁾

Der Arbeitsbereich einer Universalmaschine kann in unterschiedlichem Grad eingeschränkt werden, um zu einer höheren Produktivität des Aggregats zu gelangen. "Dieser Weg wurde auch, sobald es die Stückzahlen erlaubten, solche mehr spezialisierten Maschinen wirtschaftlich einzusetzen, beschränkt."⁴⁾ Der Arbeitsbereich kann eingeengt werden, indem eine oder auch mehrere Unterarten der Bearbeitung von der Gesamtheit aller Möglichkeiten weglassen werden. Es fehlt dann z.B. bei einer Universaldrehbank die Arbeitsfunktion Gewindeschneiden. Die Eingeengung kann schließlich so weit gehen, daß von der Gesamtheit der Verfahren, die ursprünglich ausgeführt werden könnten, nur noch eine einzige Bearbeitungsart möglich ist, wie z.B. das Langdrehen.⁵⁾ Diese Maschinen sind also auf ein bestimmtes Verfahren spezialisiert;

1) Gutenberg, E.: a.a.O., S. 82

2) Vgl. Pfeiffer, W.: Absatzpolitik bei Investitionsgütern der Einzelfertigung, Stuttgart 1965, S. 5

3) Vgl. Riebel, P.: Die Elastizität ..., a.a.O., S. 123

4) Pfeiffer, W.: a.a.O., S. 5

5) Vgl. ebenda, S. 5, s.a. Kienzle, O./Le Vrang, W.: a.a.O., S. 143 f.; Zacher, G.: a.a.O., S. 43 f.

die Werkstücke, die zu bearbeiten sind, können aber weiterhin unterschiedliche Formen aufweisen.¹⁾ Riebel bezeichnet diesen Fall daher auch als "Einverfahren-Maschine".²⁾ Der Spezialisierungsgrad dieser Maschinen ist noch relativ gering.³⁾

Wird nun neben der Beschränkung der Variabilität der Dimension der Arbeitsfunktion noch der Schwerpunkt der konstruktiven Gestaltung der Maschine auf das Werkstück ausgerichtet und eine Maschine speziell zur Bearbeitung von Werkstücken ähnlicher Formen oder für eine bestimmte Art von Werkstücken gebaut,⁴⁾ liegt eine Spezialisierung der Maschine in Richtung der Produktspezialisierung vor. Ein Beispiel hierfür ist die Zylinderbohrmaschine. In diesen Fällen liegt bereits ein höherer Spezialisierungsgrad vor, da ein bestimmtes Verfahren nur noch für ähnliche Produkte durchgeführt werden kann. Wir sprechen daher auch von "Mehrprodukt- oder Mehrzweckmaschinen".⁵⁾

"Die Anpassung der Werkzeugmaschine an die Werkstückform und -größe geschieht durch eine Anpassung der Geometrie der Gesamtmaschine (Arbeitsraum, Anordnung der Bearbeitungsaggregate) und vor allem durch eine Anpassung der Spannmittel und sonstigen Mittel der Werkstückhandhabung."⁶⁾ Die höchste Spezialisierung eines Produktionsmittels ist dann erreicht, wenn auf einer Maschine nur noch ein bestimmtes Verfahren für ein ganz bestimmtes, eindeutig definiertes Erzeugnis ausgeübt werden kann, z.B. eine Bohrmaschine für die Bearbeitung eines Motorblocks bestimmter Art und Größe. In diesen Fällen sprechen wir von

1) Vgl. Nordsieck, F.: Rationalisierung der Betriebsorganisation, 2. Auflage, Stuttgart 1955, S. 168

2) Vgl. Riebel, P.: Die Elastizität ... a.a.O., S. 122, Nordsieck wählt hierfür die Bezeichnung "Verrichtungs-spezialmaschine". Vgl. Nordsieck, F.: Rationalisierung ..., a.a.O., S. 168

3) Vgl. a. Riebel, P.: Elastizität ... a.a.O., S. 55

4) Pfeiffer, W.: a.a.O., S. 6

5) Vgl. Riebel, P.: Die Elastizität ..., a.a.O., S. 122

6) Zacher, G.: a.a.O., S. 43

einer Einprodukt- oder Einzweckmaschine".¹⁾

Wenn wir also von einer Universalmaschine ausgehen, auf der mehrere Bearbeitungsarten einer Grundfunktion ausgeübt werden können, haben wir die höchste Form der Universalität für ein Produktionsmittel vor uns. Eine Spezialisierung der Maschine kann zunächst in Richtung einer Verfahrensspezialisierung erfolgen, wobei der Spezialisierungsgrad noch relativ gering ist. Wird eine Spezialisierung in Richtung einer Produktspezialisierung vorgenommen, wird der Spezialisierungsgrad höher, und zwar je nachdem, ob ähnliche Produkte oder nur Werkstücke einer ganz bestimmten Art und Form bearbeitet werden können. Der letzte Fall stellt den höchsten Spezialisierungsgrad dar. Wir erhalten auf diese Weise vier Gruppen verschieden stark spezialisierter Maschinen.

c) Anmerkungen zum Auftreten der Spezialisierungsgrade bei Produktionsmitteln der verschiedenen Technologien

Die Unterscheidung von Produktionsmitteln nach ihrem Spezialisierungsgrad wird vorwiegend bei Maschinen der mechanischen Technologie mit spanabhebenden Verfahren, (z.B. Drehen, Bohren) angewendet. Dies ist jedoch kein Zufall, denn alle vier Gruppen verschieden stark spezialisierter Maschinen lassen sich eigentlich nur hier nachweisen. Beispiele für Mehrverfahren-Maschinen bei spanlosen Verfahren konnten wir nicht auffinden.²⁾ Hier dürften Einverfahren-Maschinen die höchste Stufe der Universalität bilden, was vor allem auf die grundsätzlich andere Weise der Formgebung zurückzuführen ist. Bei spanabhebenden Verfahren handelt es sich um eine punktuell-fortschreitende Formgebung, d.h. die gewünschte Form wird "durch die räumliche und zeitliche Aneinanderreihen vieler kleiner .. Formver-

1) Vgl. Riebel, P.: Elastizität ... a.a.O., S. 122

2) Vgl. hierzu auch Zacher, G.: a.a.O., S. 12 f, der eine erschöpfende Aufzählung von Universalmaschinen vornimmt. "Im einzelnen sollen zu den Universalmaschinen gerechnet werden: "Hobel-, Stoß-, Räum-, Dreh-, Bohr-, Fräs-, Schleifmaschinen.

änderungen erreicht; dabei bedient man sich eines Werkzeugs, dessen Form mit der zu erzeugenden nicht übereinstimmt und das daher nicht formspezialisiert ist."¹⁾ Bei spanlosen Verfahren, z.B. Biegen, Ziehen, Pressen, handelt es sich um eine total-momentane Formgebung, die durch ein Werkzeug erreicht wird, das die zu erzeugende Form ganz oder teilweise enthält,²⁾ so daß man Werkstücke "in einem einzigen Hauptarbeitsgang herstellen kann, für deren Erzeugung nach punktuell-fortschreitenden Verfahren eine große Zahl von abtrennenden ... Arbeitsgängen notwendig wäre."³⁾ Aus diesem Grund sind bei Maschinen mit spanlosen Verfahren so viele Unterarten eines bestimmten Grundverfahrens wie bei spanabhebenden Verfahren überhaupt nicht erforderlich.

Bei Produktionsmitteln für chemische Verfahren liegen die Verhältnisse wieder anders. Während die Konstruktion bei Werkzeugmaschinen sich vor allem nach den Abmessungen und Formen der Werkstücke richtet,⁴⁾ wird ein chemischer Apparat in seiner Konstruktion davon bestimmt, "unter welchen Bedingungen darin gearbeitet werden soll, während die chemische Reaktion und die Produkte hauptsächlich den Werkstoff bestimmen, aus denen der Apparat angefertigt werden muß."⁵⁾ Es liegt nun in der Natur der chemischen Verfahren begründet, daß die Reaktionsstoffe sehr verschieden sind und in ihren Eigenschaften stark wechseln, "so daß fast jede Reaktion ihre besonderen Anforderungen an den Bau der Reaktionskammern stellt."⁶⁾ Wir können damit feststellen, daß ein chemischer Apparat von vornherein

1) Riebel, P.: Industrielle ..., a.a.O., S. 39

2) Vgl. ebenda, S. 40

3) Vgl. ebenda, S. 136

4) Vgl. Pfeiffer, W.: Absatzpolitik bei Investitionsgütern der Einzelfertigung, Stuttgart 1965, S. 6

5) Teger, F.: Verfahren der Chemie-Industrie, Bd. 1, Braunschweig 1955, S. 48

6) Henglein, F.A.: a.a.O., S. 179

auf die Durchführung einer bestimmten Reaktion spezialisiert ist und für keine andere Reaktion mehr verwendet werden kann. Eine chemische Stoffumwandlung besteht darin, daß ein naturgesetzlich bestimmter Vorgang durch Einwirken bestimmter Größen wie Temperatur, Druck, Verweilzeit etc. von selbst abläuft.¹⁾ Während bei mechanischen Verfahren Werkzeuge und andere Vorrichtungen maßgebend für den Fertigungsverfahren sind, ist entsprechend bei chemischen Verfahren die Herbeiführung und Aufrechterhaltung der erforderlichen Reaktionsbedingungen besonders bedeutungsvoll.²⁾ Bei Maschinen mit mechanischer Technologie werden bei einer Umstellung auf ein anderes Produkt oder auf eine andere Unterart der Bearbeitung Werkzeugteile ausgewechselt. Da Apparate in der chemischen Industrie "für einen bestimmten Temperatur- und Druckbereich für bestimmte Heizungsmethoden konstruiert und gebaut sind, besondere Vorrichtungen für Meßgeräte, Rührwerke use. haben und außerdem das Material der Apparaturen nur gegenüber bestimmten chemischen Einflüssen widerstandsfähig ist,"³⁾ ist eine Veränderung der Reaktionsbedingungen nur in begrenztem Umfang möglich. Noch wichtiger ist aber, daß "die Atome und Moleküle ... sich nur in bestimmten Verhältnissen miteinander verbinden, die für ein technisches Verfahren vorgegeben sind."⁴⁾ Eine Stoffumwandlung besteht aber nicht nur aus einer einzigen Reaktion, sondern aus einer ganzen Anzahl, so daß wir von einer Reaktionskette sprechen können, deren einzelne Glieder aber nicht ausgetauscht werden können. Da eine solche Reaktionskette für jede Stoffumwandlung aus sehr verschiedenen Gliedern bestehen kann, eine Apparatur aber auf den Ablauf von einer ganz bestimmten Reaktionskette abgestimmt wird,⁵⁾ ist bei Produktionsmitteln mit chemischen Verfahren von vornherein nur die Herstellung von gleich-

1) Vgl. Riebel, P.: Industrielle ..., a.a.O., S. 65 f.

2) Vgl. Weblus, B.: a.a.O., S. 20

3) Kostenrechnung in der chemischen Industrie, hrsg. vom Betriebswirtschaftlichen Ausschuß des Verbandes der Chemischen Industrie e.V., Wiesbaden 1962, S. 61

4) Weblus, B.: a.a.O., S. 20

5) Vgl. Riebel, P.: Mechanisch-technologische ..., a.a.O., S. 427

artigen Produkten möglich. Somit ist eine Verfahrensspezialisierung von vornherein ausgeschlossen, daher liegt die höchste Universalität bei Apparaten der chemischen Industrie bei einem Mehrprodukt-Apparat. D.h. daß bei Produktionsmitteln für die Durchführung chemischer Reaktionen von vornherein eine Produktspezialisierung besteht. Da die Reaktionsbedingungen in gewissen Grenzen variiert werden können, ist es möglich, nicht nur ein einziges ganz bestimmtes Erzeugnis herzustellen, sondern es können auch gleichartige Produkte gefertigt werden.

Unterschiede ergeben sich noch aus der Möglichkeit, diskontinuierlich oder kontinuierlich arbeitende Verfahren anzuwenden. Beim diskontinuierlichen Verfahren finden die verschiedenen Vorgänge zeitlich nacheinander in ein und demselben Apparat statt, daher müssen auch die jeweiligen Reaktionsbedingungen im Zeitablauf verändert werden.¹⁾

Bei kontinuierlichen Verfahren laufen dagegen "die aufeinanderfolgenden Arbeitsgänge eines Produktionsprozesses gleichzeitig und räumlich nebeneinander an verschiedenen Stellen ... ab. In gleicher Weise werden unterschiedliche Reaktionsbedingungen, die beim Chargenverfahren zeitlich nacheinander, jedoch jeweils für den gesamten Reaktionsraum gleichzeitig herbeigeführt werden, beim kontinuierlichen Verfahren gleichzeitig an verschiedenen Stellen ... realisiert."²⁾ Bei einem kontinuierlichen Verfahren handelt es sich um eine räumliche Aufteilung des Reaktionsverlaufs in kleinste Reaktionsphasen.³⁾ Diskontinuierliche Verfahren weisen nun im allgemeinen eine größere Umstellungsfähigkeit auf als kontinuierliche.⁴⁾ Wir füh-

1) Vgl. Riebel, P.: Industrielle ..., a.a.O., S. 97

2) Riebel, P.: a.a.O., S. 97

3) Vgl. Sulfrian, A.: Lehrbuch der chemisch-technischen Wirtschaftslehre, Stuttgart 1927, S. 123

4) Vgl. Carnap, G.: a.a.O., S. 132; siehe auch Kölbel, H./Schulze, J.: Fertigungsvorbereitung ..., a.a.O., S. 41; dieselben: Die Abgrenzung ..., a.a.O., S. 158

ren dies darauf zurück, daß bei diskontinuierlichen Verfahren die einzelnen Reaktionsphasen in gewissen Grenzen unterschiedlich lang und wechselnden Reaktionsbedingungen unterworfen werden, und die jeweiligen Reaktionsgeschwindigkeiten verändern können, da sie an einer Stelle zeitlich nacheinander ablaufen. Beim Übergang zum kontinuierlichen Verfahren findet eine räumliche Zerlegung statt, bei der die einzelnen Phasen sehr genau aufeinander abgestimmt sein müssen.¹⁾ Damit "verschwindet die Selbstständigkeit der Produktionsgeschwindigkeiten aller dieser Nebenvorgänge (= Phasen, d.V.). Sie gehen in der geschwindigkeitshomogenen Kontinuität des Gesamtvorgangs auf. Aus mehreren, vorher beliebig unterschiedlich variierbaren Produktionsgeschwindigkeiten entsteht eine einzige, nur noch als Ganzes variierbare Produktionsgeschwindigkeit."²⁾ Wir führen es auf die Zerlegung des Prozesses in räumlich getrennte Phasen und die damit zusammenhängenden Folgen zurück, daß die Apparate mit kontinuierlichen Verfahren auf Grund der Eigenarten des Ablaufs im wesentlichen nur Einprodukt-Apparate sein können. Ein geringerer Spezialisierungsgrad ist bei ihnen nicht möglich.³⁾ Chemische Apparate sind also im Prinzip auf eine bestimmte Reaktion spezialisiert, wobei wegen der Eigengesetzlichkeit des Ablaufs mehrere ähnliche Produkte oder nur ein bestimmtes Produkt mit sehr geringen Unterschieden

1) Vgl. Sulfrian, A.: a.a.O., S. 123 f.

2) Gälweiler, A.: Produktionskosten und Produktionsgeschwindigkeit, Wiesbaden 1960, S. 64

3) Damit können wir streng genommen in diesem Fall nicht von einer Spezialisierung sprechen, da kein Spielraum im Fertigungsumfang besteht. Hier liegt eine "natürliche" Spezialisierung vor, im Gegensatz zu den Einprodukt-Maschinen bei mechanischer Technologie, wo diese Spezialisierung bewußt auf Grund einer Entscheidung erfolgt. In diesen Fällen können wir von einer "künstlichen" Spezialisierung sprechen.

hergestellt werden kann.¹⁾

Apparate für eine physikalische Stoffumwandlung, wie z.B. Zerkleinern, Mischen, Verdampfen nehmen wiederum eine Mittelstellung ein, denn die physikalischen Verfahren sind zwischen den chemischen und den mechanischen Verfahren einzuordnen.²⁾ Da es sich bei physikalischen Verfahren um einen relativ einfachen Fertigungsverfahren handelt, sind Mehrverfahren-Apparate kaum denkbar, da mehrere Unterarten einer bestimmten Grundfunktion nicht erforderlich sind. Die höchste Universalität bei Apparaten für eine physikalische Stoffumwandlung liegt daher bei einem Einverfahren-Apparat, in dem ein bestimmtes Verfahren durchgeführt wird, und in dem mehrere unterschiedliche Substanzen bearbeitet werden können. Physikalische Verfahren können in diskontinuierlich oder kontinuierlich arbeitenden Apparaturen ablaufen. Im letzten Fall ist von vornherein eine Spezialisierung der Anlagen auf das zu bearbeitende Produkt erforderlich, so daß wie bei chemischen Apparaturen mit kontinuierlicher Verarbeitung der Mehrproduktapparat das Produktionsmittel mit der geringsten Spezialisierung darstellt.

Wenn wir unsere Ausführungen in einem Schema zusammenfassen, erhalten wir folgende Übersicht: (siehe Seite 104)

Betrachten wir die Produktionsmittel nicht einzeln für sich, sondern in ihrem Zusammenwirken mit anderen, so zeigt sich, daß häufig der Spezialisierungsgrad um so geringer ist, je weniger zwangsläufig die einzelnen Produktionsmittel miteinander gekoppelt sind.³⁾ Je mehr eine strenge räumliche Aufeinanderfolge von Fertigungsstationen verwirklicht ist, desto mehr liegt eine Produktspezialisierung vor. Dabei können wir Mehrprodukt- (Mehr-

1) Vgl. dazu auch Opitz, H.: Fertigungsverfahren ..., a.a.O., S. 47; Weblus, B.: a.a.O., S. 20; Henzel, F.: Die Kostenrechnung, a.a.O., S. 172; Kölbel, H./Schulze, J.: Wirtschaftlichkeitsstudien zur Rationalisierung verfahrenstechnischer Produktionsanlagen. In: ZfbF N.F., 17. Jg. (1965), S. 11 - 26, S. 11

2) Vgl. Riebel, P.: Industrielle ..., a.a.O., S. 77

3) Vgl. Riebel, P.: Elastizität ..., a.a.O., S. 124

zweck-) und Einprodukt- (Einzweck-)straßen unterscheiden.¹⁾

Technologie	mechanisch		physikalisch		chemisch	
Spezialisierungsgrad	spanabhebend	spanlos, zusammenfügend	diskontinuierlich	kontinuierlich	diskontinuierlich	kontinuierlich
Mehrverfahren-Produktionsmittel	X	-	-	-	-	-
Einverfahren-Produktionsmittel	X	X	X	-	-	-
Mehrzweck-Produktionsmittel	X	X	X	X	X	X
Einzweck-Produktionsmittel	X	X	X	X	X	X

Übersicht 2

Bedeutung der Eintragungen: X: tritt dort auf
-: tritt dort nicht auf

Bei Produktionsmitteln, in denen physikalische Verfahren ablaufen, ergibt sich teilweise die Besonderheit, daß sie einzeln, für sich betrachtet, einen Einverfahren-Apparat darstellen, sie werden aber "durch die Art des Zusammenschlusses in einer zwangsläufig bestimmten Reihenfolge zu einer Einproduktapparatur oder Mehrproduktapparatur."²⁾

Der Spezialisierungsgrad von Produktionsmitteln, die räumlich direkt miteinander verbunden sind, kann vermindert werden, wenn sie "nicht zwangsläufig gekoppelt, sondern ... getrennt werden können, und sich zu neuen Kombinationen des Zusammenwirkens vereinigen lassen"³⁾

1) Vgl. Schäfer, E.: Betriebswirtschaftliche Marktfor-
schung, a.a.O., S. 77; siehe auch Vormbaum, H.: Fixe
Kosten und Elastizitätsstreben. In: ZfB, 29. Jg. (1959),
S. 193 - 205, S. 198

2) Riebel, P.: Die Elastizität ..., a.a.O., S. 123

3) Ebenda, S. 124

B) Merkmale des Ablaufs der Fertigung

I. Die räumliche Bindung des Ablaufs

1. Fertigungsvorgänge und Transportvorgänge als die beiden Komponenten des Ablaufs in räumlicher Hinsicht

Wenn wir den Durchlauf von Produkten im Betrieb in räumlicher Hinsicht näher betrachten, so können wir zwei verschiedene Arten von Vorgängen unterscheiden: Fertigungsvorgänge, welche die Be- oder Verarbeitung und konkrete Herstellung des Produkts bewirken und Transportvorgänge, welche die erforderlichen Materialbewegungen herbeiführen,¹⁾ was auch als innerbetrieblicher Transport bezeichnet wird. Er umfaßt alle Ortsveränderungen von Materialien oder Stoffen im Betrieb²⁾ und "ergibt sich aus der im Industriebetrieb bestehenden Arbeitsteilung und nimmt mit deren Vertiefung ständig an Umfang und Bedeutung zu."³⁾

Fertigungsvorgänge und Transportvorgänge bilden also die beiden Komponenten des Fertigungsablaufs in räumlicher Hinsicht.⁴⁾ Die Aufeinanderfolge der Fertigungsvorgänge wollen wir kurz als Fertigungsfolge bezeichnen, die Verbindung der Fertigungsvorgänge durch Transportvorgänge soll Verknüpfung genannt werden. Beide zusammen bestimmen die räumliche Bindung des Ablaufs, deren Arten sich aus der Kombination der Arten der Fertigungsfolge und der Verknüpfung ergeben.

1) Vgl. Voith, W.: Der innerbetriebliche Transport, Wien 1958, S. 65 f.

2) Vgl. Ellersiek, K.: Materialflußkosten im Betrieb, Wiesbaden 1958, S. 10

3) Merbach, H.: a.a.O., S. 15

4) In ähnlicher Weise unterscheidet auch Riebel bei der Betrachtung des räumlichen Ablaufs der Fertigung eine räumliche Bindung der Produktionsmittel und des Leistungsflusses. Vgl. Riebel, P.: Die Elastizität ..., a.a.O., S. 135

2. Die Arten der Fertigungsfolge und die Arten der Verknüpfung als Faktoren der räumlichen Bindung des Ablaufs

a) Die Arten der Fertigungsfolge

Ganz allgemein können wir Betriebe mit weitgehend unbestimmter oder mit gleichbleibender Folge der Fertigungsoperationen unterscheiden.¹⁾ Im letzten Fall sind die Produktionsmittel oder die Arbeitskräfte räumlich so angeordnet, "wie die Reihenfolge der am Produkt auszuführenden Operationen es erfordern."²⁾ Der Produktionsgang stellt einen einheitlichen Strom dar, während sich bei unbestimmter Fertigungsfolge vielfältige Verzweigungen ergeben.³⁾

Bei gleichbleibender Fertigungsfolge, die wir deutlicher auch als gleichbleibende Maschinenfolge bezeichnen können, sind zwei Arten zu unterscheiden.

Im ersten Fall durchlaufen die Produkte ohne räumliche Unterbrechung die gleichen Produktionsmittel, die nach ihrer Ablauffolge angeordnet sind. Es handelt sich um eine vollkommen gleichmäßige und gleichartige Aufeinanderfolge der an jedem einzelnen Produkt in gleicher Weise vorzunehmenden Arbeitsgänge und des gleichen räumlichen Laufs,⁴⁾ was wir als gebundene und geschlossene Fertigungsfolge (E. Schäfer) bezeichnen wollen. Sie ist gebunden, weil die Fertigungsvorgänge nur in einer bestimmten Richtung aufeinanderfolgen, die eindeutig festgelegt ist. Die Ablauffolge wird als geschlossen bezeichnet, weil die einzelnen Operationen jeweils unmittelbar aufeinander in einer Reihe erfolgen, ohne daß es möglich ist, einzelne Fertigungs-

1) Vgl. Nowak, P.: Bestimmung ..., a.a.O., S. 497

2) Hax, K.: Grundlagen ..., a.a.O., S. 62

3) Vgl. Schäfer, E.: Beschäftigung und Beschäftigungsmessung in Unternehmung und Betrieb, Nürnberg 1931, S. 85

4) Vgl. Mellerowicz, K.: Betriebswirtschaftslehre der Industrie, a.a.O., S. 105. Nordsieck bezeichnet dies als Stetigkeit der Arbeitsfolge. Vgl. Nordsieck, F.: Rationalisierung ..., a.a.O., S. 147

stellen zu überspringen.¹⁾

Die Reihenfolge der Arbeitsoperationen und damit die Anordnung der Produktionsmittel kann auf Grund der naturgegebenen Bedingungen des Fertigungsablaufs eindeutig festliegen. Wir haben dann eine von Natur aus gebundene und geschlossene Fertigungsfolge,²⁾ wie wir sie besonders bei chemischen Prozessen vorfinden. Diese Ablaufordnung kann aber auch frei gewählt sein, was vor allem für Industriezweige mit vorherrschend mechanischer Technologie zutrifft.

Wenn die Produkte im wesentlichen die gleichen Arbeitsgänge in gleicher Ablauffolge und in derselben Fertigungsreihe durchlaufen, aber die lückenlose Aufeinanderfolge der von den nacheinander angeordneten ausgeführten Arbeitsgänge fehlt,³⁾ wollen wir von einer gebundenen, aber nicht geschlossenen Fertigungsfolge (E. Schäfer) sprechen. Zwar ist die Richtung des Ablaufs auch hier eindeutig festgelegt, es fehlt aber die Geschlossenheit der Aufeinanderfolge, da die Fertigungsstationen, die das zu bearbeitende Produkt zu passieren hat, nicht mehr räumlich unmittelbar nebeneinander liegen müssen.⁴⁾ Da die Produktionsmittel in der üblichen und überwiegenden Fertigungsfolge der Produkte angeordnet sind, ist das Passieren jedes in der Fließreihe aufgestellten Produktionsmittels nicht mehr zwingend, es können also Arbeitsgänge übersprungen werden oder es ist auch sogar die Rückkehr an eine Arbeitsstelle möglich, die bereits passiert wurde.⁵⁾

1) Vgl. a. Huth, H.: Wirtschaftlicher Fabrikbetrieb, Berlin 1938, S. 36

2) Hax, K.: Grundlagen ..., a.a.O., S. 61

3) Vgl. Mellerowicz, K.: Betriebswirtschaftslehre ..., a.a.O., S. 105

4) Vgl. Muther, R.: Fließende Fertigung, a.a.O., S. 139

5) Vgl. Mellerowicz, K.: Betriebswirtschaftslehre ..., a.a.O., S. 105 f.; siehe auch Kalveram, W.: a.a.O., S. 221; Hinsel, D.: a.a.O., S. 107 f.

Der Grund für die Unterschiede dieser beiden Arten des Ablaufs besteht darin, daß im ersten Fall die Anordnung der Produktionsmittel nach dem Ablauf für eine einzige Produktart ausgerichtet ist, während im zweiten Fall die Anordnung für die Fertigung mehrerer Produktarten ausgelegt ist, die an sich gleich sind, jedoch in der Abmessung und in der Ausführung Unterschiede aufweisen können.¹⁾

In Betrieben mit weitgehend unbestimmter Folge der Arbeitsoperationen ist eine Bindung der einzelnen Fertigungsstationen nicht mehr möglich. Wir bezeichnen dies als räumlich ungebundene Fertigungsfolge. Zwar besteht auch hier für die Herstellung eines bestimmten Produkts in einem bestimmten Zeitraum eine Bindung zwischen den einzelnen Fertigungsstellen in der Weise, daß nach Beendigung eines Fertigungsvorgangs an einer Maschine das Produkt zu der Maschine gebracht wird, auf der die nächste Fertigungsoperation durchgeführt werden soll. Diese nicht direkt sichtbaren Verbindungen wechseln aber ständig, so daß die Produktionsmittel in sehr verschiedenener Weise kombiniert werden können.²⁾

Dabei sind jedoch zwei Arten zu unterscheiden. Es gibt Betriebe, die auf Grund der Ausstattung ihrer sachlichen und personellen Kräfte eine große Zahl von verschiedenen Produkten herstellen können, wobei aber die Reihenfolge, in der die einzelnen Verfahren angewendet werden, im wesentlichen immer gleich bleibt, wie z.B. bei der Herstellung von Schrauben, Nadeln, Schmuckwaren und Tuben. Für alle Produkte besteht also die gleiche Verfahrensfolge, so daß die einzelnen Werkstätten oder Apparategruppen räumlich nacheinander angeordnet werden können, so wie es der Ablauf erfordert.³⁾ Hier liegt also keine räumliche Bin-

1) Vgl. Mellerowicz, K.: Betriebswirtschaftslehre ..., a.a.O., S. 135.

2) Vgl. Kölbel, H./Schulze, J.: Die Abgrenzung ..., a.a.O., S. 156

3) Vgl. dieselben, S. 155; siehe auch Muther, R.: Fließende Fertigung ..., a.a.O., S. 178

derung der einzelnen Produktionsmittel vor, sondern eine solche der Maschinen- bzw. Apparategruppen.

Bei einem Betrieb, dessen Produkte in Art und Menge sehr unterschiedlich sind, ist auch eine Bindung der Verfahrensfolge nicht mehr möglich, da "die einzelnen Teilverfahren und Apparate ... in wechselndem Umfang und mit wechselnder Prozeßfolge durchlaufen (werden), so daß einzelne Apparategruppen ganz übersprungen werden und außerdem die einheitliche Fließrichtung für den Stoffdurchsatz nicht mehr besteht."¹⁾ Hier liegt dann eine ungebundene Fertigungsfolge ohne der ^{Bindung} Verfahrensfolge vor. Es besteht weder eine gebundene Maschinenfolge noch eine Bindung der einzelnen Maschinengruppen, wie dies für das "klassische" Werkstättensystem zutrifft.

b) Die Arten der Verknüpfung

Die Verbindung der einzelnen Fertigungsvorgänge mit Hilfe von Transportvorgängen, die wir als Verknüpfung bezeichnet haben, ist in ihrer Form abhängig von der Art der Fertigungsfolge. Der Transportvorgang kann manuell vorgenommen werden, dann ist der Mensch Träger dieses Vorgangs, er kann aber auch von einem Transportmittel vorgenommen werden.

Der manuelle Transport ist die einfachste Methode, man wird sie dort anwenden, wo die Bewegung der Materialien keine großen physischen Kräfte erfordert, also vor allem bei kleinen und leichten Teilen.²⁾

In den meisten Fällen ist jedoch ein Transportmittel Trä-

1) Kölbel, H./Schulze, J.: Die Abgrenzung ..., a.a.O., S. 155 f.; siehe auch Funke, H.: a.a.O., S. 20; Kalveram, W.: a.a.O., S. 219. Von Gottl-Ottlilienfeld bezeichnet Betriebe mit ungebundener Fertigungsfolge als "viel- und wechselläufige Betriebe", im Gegensatz zu den "einläufigen Betrieben", bei denen eine gebundene Fertigungsfolge verwirklicht ist. Vgl. von Gottl-Ottlilienfeld, F.: Vom Sinn der Rationalisierung, Jena 1929, S. 23 f.; siehe auch Kuhnert, H.: a.a.O., S. 22

2) Vgl. dazu Köttgen, C.: Das fließende Band.: In: Die Bedeutung der Rationalisierung für das deutsche Wirtschaftsleben, Berlin 1928, S. 77 - 125, S. 92; Köhler, D.: Organisation der innerbetrieblichen Materialbewegung, Berlin 1959, S. 45 ff.; Carnap, G.: a.a.O., S. 33

ger des Vorgangs der räumlichen Überbrückung von Entfernungen. Die verschiedenen Transportmittel können in sehr unterschiedlicher Weise systematisiert werden, je nach dem verfolgten Zweck.¹⁾ Für unsere Fragen wollen wir die Transportmittel²⁾ in Einzelfördermittel und in Förderanlagen einteilen. Wir fragen dabei, ob der einzelne Transportvorgang jeweils für sich allein besteht oder ob er mit anderen direkt verbunden wird. Beispiele für Einzelfördermittel sind Elektrokarren, Gabelstapler, Krane und Aufzüge. Förderanlagen sind z.B. Gleitbahnen, Rutschen, Förderbänder, Hängebahnen, Kreisförderer, Rohrleitungen usw.³⁾

Eine starre Verknüpfung von Fertigungsvorgängen finden wir dann, wenn der Transportstrom zwischen Maschinen oder Arbeitsplätzen erfolgt, die in einer Reihe nacheinander aufgestellt sind. Die Förderanlage bewegt sich auf einem festgelegten Weg, da Art, Menge und Transportrichtung der Materialien konstant und einheitlich sind.⁴⁾ Die Fertigungsfolge ist feststehend, es herrscht ein gleichbleibender Bedarf an Transportleistungen, so daß eine starre Verknüpfung der einzelnen Stationen zweckmäßig ist.⁵⁾

- 1) Die vorher angeführten Unterscheidungen der Produktionsmittel nach ihrem Mechanisierungs- und Spezialisierungsgrad lassen sich ebenso auf die Transportmittel anwenden. Vgl. dazu beispielsweise: Köhler, D.: a.a.O., S. 47; Kohlitz, A.: Verschiedene Arten des Materialflusses. In: Fördern und Heben. Sonderausgabe 1961, S. 75 - 78, S. 76; Fackelmeyer, A.: Materialfluß ..., a.a.O., S. 42; Voitl, W.: a.a.O., S. 57; Illetschko, L.: Innerbetrieblicher Transport ..., a.a.O., S. 24 f.
- 2) Vgl. Illetschko, L.: a.a.O., S. 19
- 3) Vgl. dazu ebenda, S. 20 f.; Buser, P.: a.a.O., S. 31; Refa-Buch, Bd. 1, a.a.O., S. 90 ff; Mallik, R.: Förderwesen. In: Handbuch des Industrial Engineering, Bd. II, hrsg. von H.B. Maynard, Berlin - Köln - Frankfurt o.J., S. 167 - 318, S. 220 ff.; siehe auch Riebel, P.: Die Elastizität ..., a.a.O., S. 137
- 4) Vgl. Köhler, D.: a.a.O., S. 60
- 5) Vgl. Voitl, W.: a.a.O., S. 60. Die Art der "mechanischen Integration aufeinanderfolgender Arbeitsstationen bei maschineller Erzeugung" kann in unterschiedlicher Weise erfolgen. Vgl. dazu Riebel, P.: Industrielle ..., a.a.O., S. 165; siehe auch Fackelmeyer, A.: Automatisierung im Materialfluß, Düsseldorf 1966, S. 6 ff.

Neben einer starren Verbindung ist auch eine flexible Verknüpfung der Fertigungsvorgänge möglich. Sie erfolgt in der Weise, daß durch besondere Konstruktion der Transportmittel die Verbindung von Arbeitsplätzen nicht nur in einer bestimmten Folge möglich ist, sondern daß wahlweise verschiedene Arbeitsplätze miteinander verbunden werden können.¹⁾

Wir können dabei zwei Arten von Transportmitteln unterscheiden: Kreisförderer und umstellbare, fahrbare Transportmittel, wie Rutschen, Bänder usw. Im ersten Fall erfolgt "der Transport sozusagen im 'Kreiselsystem'. ... Das Erzeugnis fließt nicht unbedingt von einem Bearbeitungsakt zum anderen oder von einem Montageakt zum anderen; vielmehr kann es auf einem im Kreis laufenden Transportband herumgeführt werden"²⁾ Der Kreisförderer führt so den Arbeitsplätzen die Materialien zu, unabhängig von einem ständig möglichen Wechsel der Arbeitsfolge.³⁾ Durch seinen Einsatz wird das Problem der räumlichen Zuordnung der Arbeitsplätze zu einem sekundären Problem, da er es ermöglicht, "die Verbindung auch entfernt voneinander liegender Arbeitsplätze ohne Auftreten von Transportproblemen durchzuführen."⁴⁾

Davon zu unterscheiden sind Fördermittel, die ortsbeweglich sind, wie z.B. entsprechend konstruierte Rutschen oder Bänder, die jeweils für eine bestimmte Fertigungsfolge wahlweise zu einer Förderanlage zusammengestellt werden können.⁵⁾

Die Prinzipien der Kreisförderung und der Kombination

1) Vgl. Ohse, H.: a.a.O., S. 969

2) Feuerbaum, E.: a.a.O., S. 67

3) Vgl. Fackelmeyer, A.: Materialflußplanung und Förder-technik, Beispiele moderner Entwicklungstendenzen. In: Zeitschrift für wirtschaftliche Fertigung, 62. Jg. (1967), S. 217 - 224, S. 219

4) Derselbe, Materialfluß ..., a.a.O., S. 106

5) Vgl. Ohse, H.: a.a.O., S. 641; Fackelmeyer, A.: Materialfluß ..., a.a.O., S. 41; Riebel, P.: Die Elastizität ..., a.a.O., S. 137

von Fördereinheiten haben beide das gleiche Ziel, nämlich vom "Grundsatz der gegenseitigen Zuordnung einander folgender Arbeitsplätze"¹⁾ abzugehen. Dieses Ziel wird je nach den bestehenden Fertigungsverhältnissen auf unterschiedliche Weise erreicht. Im ersten Fall ist der Transportweg auf Dauer festgelegt, die Flexibilität der Verknüpfung wird erreicht durch das Prinzip der Kreisförderung. Im zweiten Fall ist der Transportablauf für ein bestimmtes Produkt im Moment starr, kann aber jederzeit wieder aufgehoben werden.

Eine flexible Verknüpfung von Fertigungsvorgängen kann auch bei manuellem Transport erfolgen, besonders dann, wenn der Mensch zugleich auch Träger der Fertigung ist. Auf Grund seiner Mobilität kann die Verknüpfung der Fertigungsvorgänge mehr oder weniger leicht - je nach den betrieblichen Verhältnissen - verändert werden.

In neuerer Zeit versucht man, diese Mobilität auch auf das Produktionsmittel zu übertragen, indem Maschinen und Apparate so konstruiert werden, daß sie fahr- und verschiebbar sind und somit flexibel verknüpft werden können. Erforderlich ist dabei, daß auch die Transportmittel in gleicher Weise bewegt werden können. Diese Möglichkeit ist allerdings beschränkt auf relativ leichte und kleinere Produktionsmittel, wie z.B. Nähmaschinen.²⁾

Es hängt eng mit der flexiblen Verknüpfung der Fertigungsstationen zusammen, daß in diesen Fällen im Prinzip eine feste Zuordnung in eine ganz bestimmte Fertigungsfolge nicht besteht, sondern die einzelne Fertigungsstation wahlweise in verschiedene Fertigungsabläufe einbezogen werden kann.³⁾

Schließlich kennen wir noch jene Fälle, wo überhaupt keine Verknüpfung der Fertigungsstationen vorliegt. Die räumlichen Entfernungen werden mit Hilfe von Einzelfördermit-

1) Packelmeyer, A.: Materialfluß ..., a.a.O., S. 91

2) Vgl. hierzu Hinsel, D.: a.a.O., S. 107; Kölbel, H.: Schulze, J.: Die Abgrenzung ..., a.a.O., S. 160; dieselben: Fertigungsvorbereitung ..., a.a.O., S. 53 ff.; Riebel, P.: Die Elastizität ..., a.a.O., S. 135 f.

3) Vgl. dazu Kirsch, W.: a.a.O., S. 30

teln überbrückt, z.B. mit Elektrokarren oder Gabelstaplern, da auf Grund der wechselnden Fertigungsfolge eine bestimmte Ablaufrichtung der Materialien nicht besteht und der Bedarf an Transportleistungen ungleichförmig und unregelmäßig ist.¹⁾

c) Die Arten der räumlichen Bindung des Ablaufs

Wir haben ausgeführt, daß die Art der räumlichen Bindung des Ablaufs bestimmt wird von der Art der Aufeinanderfolge der Fertigungsvorgänge und ihrer Verbindung durch Transportvorgänge.

Wenn wir die verschiedenen Arten der Fertigungsfolge und der Verknüpfung so kombinieren, daß wir zu praktisch verwirklichten Formen der räumlichen Bindung des Ablaufs gelangen, so können wir, nach der Intensität, sechs verschiedene Arten unterscheiden:

- a) räumlich ungebundene Fertigungsfolge ohne Bindung der Verfahrensfolge und ohne Verknüpfung
- b) räumlich ungebundene Fertigungsfolge mit Bindung der Verfahrensfolge ohne Verknüpfung
- c) räumlich ungebundene Fertigungsfolge mit flexibler Verknüpfung
- d) räumlich gebundene, aber nicht geschlossene Fertigungsfolge mit flexibler Verknüpfung
- e) räumlich gebundene, nicht geschlossene Fertigungsfolge mit starrer Verknüpfung
- f) räumlich gebundene und geschlossene Fertigungsfolge mit starrer Verknüpfung

Räumlich nicht gebundene Fertigung ohne Verknüpfung bedeutet, daß eine direkte Aufeinanderfolge der Fertigungsoperationen nicht gegeben ist und daß eine Verknüpfung mit einer Förderanlage nicht durchgeführt ist. Hierbei kann aber eine Bindung der Verfahrensfolge bestehen, wie z.B. bei der Tubenherstellung oder nicht bestehen, wie

1) Vgl. Köhler, D.: a.a.O., S. 60

z.B. bei der Teilefertigung in Werkzeugmaschinenfabriken. Bei der dritten Variante der räumlichen Bindung des Fertigungsablaufs liegt zwar keine gebundene Fertigungsfolge vor, die einzelnen Arbeitsgänge werden aber durch eine Förderanlage miteinander flexibel verbunden, die nach dem Prinzip der Kreisförderung arbeiten.

Bei räumlich gebundener und geschlossener Fertigung mit flexibler Verknüpfung folgen die Arbeitsoperationen direkt aufeinander, sie können aber in unterschiedlicher Weise zu einem Ablauf zusammengestellt werden, weil die Förderanlagen nicht ortsfest sondern fahrbar sind und damit Produktionsmittel in fast beliebiger Weise zusammengekoppelt werden können, wie z.B. in einer Stanzerei einer Elektrogerätefabrik.

Schließlich gibt es bei starrer Verknüpfung die zwei Möglichkeiten, daß die Fertigung gebunden und/oder nicht geschlossen ist.¹⁾ In diesen Fällen entspricht dann der starren Aufeinanderfolge der Arbeitsgänge eine ebenso starre Verknüpfung.

In den Betrieben ist im allgemeinen nicht eine Art der räumlichen Bindung durchgehend allein verwirklicht, sondern es treten oft mehrere Arten nacheinander im Gesamtablauf auf.

3. Anmerkungen zu den Aufgaben des Transportmittels bei den verschiedenen Arten der räumlichen Bindung des Ablaufs

Wenn wir die Aufgaben des Transportmittels bei den verschiedenen Arten der räumlichen Bindung untersuchen, können wir die Tendenz feststellen, daß mit zunehmender Bindung eine Erweiterung des reinen Fördervorgangs um andere Aufgaben verbunden ist.²⁾ Bei räumlich nicht gebundener Fertigungsfolge ohne Verknüpfung hat das Transportmittel le-

1) Den Fall der räumlich gebundenen und geschlossenen Fertigung mit starrer Verknüpfung bezeichnet Schäfer als "räumlichen Zwangslauf".

2) Vgl. a. Fackelmeyer, A.: Materialfluß ..., a.a.O., S.

diglich den Fördervorgang auszuführen. Dies ändert sich bereits bei Einführung einer flexiblen Verknüpfung. Neben der Durchführung des Transportvorgangs dient das Fördermittel einer direkten Verbindung von Abteilungen oder Produktionsmitteln sowie dem Verteilen der Fertigungsaufgaben, indem das Transportmittel die einzelnen Fertigungsstellen direkt anläuft, wie z.B. bei einer zentral gesteuerten Förderanlage.¹⁾ In den meisten Fällen übernimmt das Transportmittel auch noch die Funktion eines "wandernden Zwischenlagers."²⁾ "As a storing device conveyors allow parts to be raised from the floor so that they require no floor space."³⁾ Es handelt sich dabei im wesentlichen um Kreisförderer, die schließlich "auch zum Hindurchführen von Teilen durch Farbauftragsanlagen, Tauchbäder, Öfen usw. dienen."⁴⁾

Bei allen Arten des räumlich gebundenen Fertigungsablaufs übernimmt das Transportmittel nicht nur die räumliche Überbrückung von Entfernungen, sondern es schafft auch eine gleichbleibende Verbindung der einzelnen Fertigungsstellen, da die Förderanlage auf eine ganz bestimmte Maschinenfolge festgelegt ist. Teilweise findet auf dem Fördermittel auch eine Zwischenlagerbildung statt - je nach Art der zeitlichen Bindung. Außerdem übernimmt das Transportmittel eine steuernde Aufgabe, indem es - besonders bei Handarbeiten und maschineller Fertigung mit relativ geringem Mechanisierungsgrad - zu einer gleichbleibenden Leistung zwingt. "A powered conveyor paces each operation to assure a steady optimum output. Moving at uniform speeds ... it holds the workers at their jobs and requires

1) Vgl. Pentzlin, K.: Arbeitsrationalisierung, a.a.O., S. 117; siehe auch Buser, P.: a.a.O., S. 32

2) Vgl. Packelmeyer, A.: Neue Wege der Lagertechnik. In: Fördern und Heben, Sonderheft 1961, S. 212 - 219, S. 217; derselbe: Materialflußplanung und Fördertechnik ..., a.a.O., S. 219; Müssig, P.: a.a.O., S. 102

3) Muther, E.: Production-Line-Technique, a.a.O., S. 72

4) Packelmeyer, A.: Materialflußplanung und Fördertechnik ..., a.a.O., S. 218

them to perform their work in the time allowed." ¹⁾ Das Transportmittel bietet dem Arbeiter das Produkt zur Weiterbearbeitung nicht nur an - wie bei dem Kreisförderer - sondern verlangt die planmäßige Fertigstellung in der festgelegten Zeitspanne. ²⁾ Bei Montagevorgängen "bleibt das Werkstück oft auf dem mechanischen Transportmittel, das damit auch zum Arbeitsplatz wird." ³⁾ Es besteht also die Tendenz, mit zunehmender Intensität der räumlichen Bindung des Ablaufs dem Transportmittel außer der Förderaufgabe noch andere Funktionen zuzuweisen.

4. Die Richtung und der Weg des räumlichen Ablaufs

Die Richtung des räumlichen Ablaufs kann vertikal oder horizontal sein. Der Ablauf wird oft vertikal erfolgen, wenn leichte Produkte gefertigt werden, um beim Transport die Schwerkraft zu nutzen. ⁴⁾

Der Produktionsweg der Erzeugnisse kann in unterschiedlicher Weise verlaufen, er wird allerdings nur sichtbar bei einer Kopplung der Arbeitsgänge. Diese Wege "können gerade, im Kreis oder Oval, in Serpentinaen oder im Zick-Zack, in U-Form oder in unregelmäßigen Winkeln geführt werden. Im allgemeinen wird die geradlinige Führung vorgezogen." ⁵⁾

1) Muther, R.: Production-Line-Technique, a.a.O., S. 70

2) Vgl. Waffenschmidt, W.: Technik und Wirtschaft der Gegenwart, a.a.O., S. 156. Er spricht im ersten Fall von einem "Anbieterband", im zweiten von einem "starren Band". Vgl. ebenda, S. 155 f.

3) Buser, P.: a.a.O., S. 32

4) Vgl. Hundhausen, C.: Innerbetriebliche Standortfragen. In: ZfhF, 20. Jg. (1926), S. 1 - 52, S. 33 f.; Schmidt, E.: Die Bedeutung von Arbeitsablauf und Materialfluß für Betrieb und Wirtschaft. In: Industrielle Organisation, 23. Jg. (1954), S. 29 - 36, S. 33

5) Muther, R.: Fließende Fertigung ..., a.a.O., S. 161; siehe dazu ferner: Mellerowicz, K.: Betriebswirtschaftslehre ..., a.a.O., S. 119 ff.; Schmidt, F.: Die Bestimmung des Produktionsmittel-Standorts in Industriebetrieben, Berlin 1965, S. 23; Buser, P.: a.a.O., S. 29 f.; Lacher, L.: Materialfluß und innerbetrieblicher Transport. In: Betriebsleiter-Handbuch, München 1963, S. 91 - 259, S. 119; Kunz, R.: Materialfluß und Transportkosten im Industriebetrieb. In: Der Industrie-
meister, 16. Jg. (1967) S. 5 - 7

Eine gerade Linie des Ablaufs wird sich jedoch nicht immer erreichen lassen. Besonders in Betrieben der chemischen Industrie finden wir häufig einen Produktionsweg, der in unregelmäßigem Fluß verläuft, was in der amerikanischen Literatur auch als "odd-angle arrangement" bezeichnet wird.¹⁾

III. Die zeitliche Bindung des Ablaufs

1. Die Arten der zeitlichen Bindung des Ablaufs

Wenn wir die Fertigung unter dem Aspekt des zeitlichen Ablaufs der Vorgänge betrachten, so können wir grundsätzlich Fertigungsabläufe mit²⁾ und ohne zeitliche Bindung unterscheiden.

Eine zeitliche Bindung des Ablaufs kann in unterschiedlicher Intensität auftreten, wir unterscheiden daher eine zeitlich strenge und eine zeitlich lockere Bindung.

Eine zeitlich strenge Bindung liegt dann vor, wenn "in der Zeiteinheit ein gleichmäßiger Mengenausstoß je Station und damit auch der gesamten Fertigungseinheit erfolgt."³⁾ Bei Industriebetrieben mit mechanischer Technologie spricht man von der Taktzeit, die definiert wird als "der sich ständig wiederholende, gleich große Zeitabschnitt von der Fertigstellung eines Werkstücks bis zur Fertigstellung des nächsten Werkstücks in Min./Stück."⁴⁾ Dieser Begriff der Taktzeit ist in Betrieben mit chemischer bzw. physikalischer Technologie ungeläufig, vor al-

1) Vgl. z.B. Shubin, H./Madeheim, J.: a.a.O., S. 150, siehe auch Moore, F.G.: Manufacturing Management, 2. Aufl., Homewood 1958, S. 237 f.

2) Ellinger bezeichnet die "gedrängte zeitliche Aneinanderreihung von Arbeitsabschnitten" als zeitliche Konzentration. Vgl. Ellinger, Th.: a.a.O., S. 32. Hilf spricht hier von einer Schaltung der Fertigungsstationen, vgl. Hilf, H.: a.a.O., S. 192

3) Carnap, G.: a.a.O., S. 38

4) Sokol, G.: a.a.O., S. 979

lem deshalb, weil der Taktbegriff eindeutig stückbezogen ist.¹⁾ U.E. könnte man bei chargenweise arbeitenden Apparaten in entsprechender Weise von einem Chargentakt sprechen, der die Zeitdauer von der Fertigstellung einer Charge bis zur nächsten in Min./Charge angibt, denn auch die Charge bildet eine in sich geschlossene natürliche Leistungseinheit.²⁾

Bei kontinuierlich arbeitenden Apparaten äußert sich die zeitlich strenge Bindung darin, daß eine in der Fertigung befindliche Materialmenge alle Stufen mit der gleichen vorbestimmten Geschwindigkeit durchläuft,³⁾ z.B. 50 kg/Min. Der gleichmäßige Ausstoß wird in diesem Fall nicht je Mengen- sondern je Zeiteinheit ausgedrückt.⁴⁾

Eine zeitlich strenge Bindung der Aufeinanderfolge der Fertigungsoperationen kann bei stetigem oder rhythmisch-intermittierendem Ablauf verwirklicht sein.⁵⁾ Wenn die einzelnen Fertigungsvorgänge sich pausenlos aneinander-schließen, wollen wir von einem stetigen Ablauf sprechen. In diesem Fall ist die Fertigungsdauer ebenso lang wie die Durchlaufzeit des Produkts.⁶⁾ Diese Art des Ablaufs finden wir in Betrieben mit kontinuierlich arbeitenden Apparaten, dabei fallen der Produktions- und der Transportvorgang zeitlich und räumlich zusammen. Das Produkt wird sozusagen in der Bewegung gefertigt.⁷⁾

Weitaus häufiger finden wir jedoch einen rhythmisch-intermittierenden Ablauf, besonders bei Betrieben mit mecha-

1) Vgl. Kölbel, H./Schulze, J.: Die Abgrenzung ..., a.a.O., S. 155

2) Vgl. Riebel, P.: Industrielle ..., a.a.O., S. 110

3) Funke, H.: Die Betriebswirtschaft im Maschinenbau und in verwandten Industrien, 3. Aufl., Freiburg 1955, S. 20

4) Vgl. a. Frank, H.: a.a.O., S. 103

5) Vgl. Moede, W.: Arbeitstechnik, Stuttgart 1935, S. 209

6) Vgl. Riebel, P.: Industrielle ..., a.a.O., S. 93

7) Vgl. ebenda, S. 100; siehe auch Carnap, G.: a.a.O., S. 38. Wenn mit dem Transportvorgang gleichzeitig eine Bearbeitung eines Erzeugnisses verbunden ist, bezeichnet Henzel diesen Vorgang als Fertigungsbewegung: vgl. Henzel, F.: Verlustquellen und ihre Bekämpfung. In: ZfB, 23. Jg. (1953), S. 628 - 638, S. 636

nischer Technologie.¹⁾ Er ist dann gegeben, wenn zwischen den einzelnen Fertigungsstationen der Produktionsfortschritt zeitlich unterbrochen wird, das Werkstück bzw. die Charge in regelmäßigen Zeitabständen weitergegeben wird.²⁾ Transport- und Fertigungsvorgang fallen hier zeitlich und räumlich auseinander, selbst bei sehr dichter Werkstückfolge, wie z.B. beim Pressen von Kleinteilen. Der rhythmisch intermittierende Ablauf bleibt strukturell von dem stetigen verschieden, da es sich im ersten Fall immer um Vorgänge an jeweils natürlich begrenzten Einheiten handelt,³⁾ bei denen die Fertigungsoperationen in ruhendem Zustand des Produkts ausgeführt werden.⁴⁾ Bei zeitlich strenger Bindung des Ablaufs "wird jedoch durch organisatorische und technische Maßnahmen eine verhältnismäßig große Annäherung an eine echte kontinuierliche (= stetige, d.V.) Erzeugung erreicht."⁵⁾ Bei zeitlich lockerer Bindung des Ablaufs ist die Einhaltung einer genauen Zeitspanne für den einzelnen Fertigungsvorgang nicht unbedingt erforderlich. In diesen Fällen werden die einzelnen Fertigungsvorgänge zeitlich nicht exakt aufeinander abgestimmt, aber man erreicht doch eine ungefähre Angleichung der Zeiten.⁶⁾ Charakteristisch ist, daß für die einzelnen Vorrichtungen ein gewisser zeitlicher Spielraum besteht,⁷⁾ die Arbeitszeit ist nicht scharf auf die Sekunde abgegrenzt, sondern es sind Toleranzen zugelassen.⁸⁾ Das Produkt wird hier immer nur rhythmisch-intermittierend weitergegeben.

1) Vgl. Kohlitz, A.: a.a.O., S. 76

2) Vgl. Ensslin, G.: Typologie der Industriebetriebe, Diss., Mainz 1964, S. 120

3) Vgl. a. Weblus, B.: a.a.O., S. 19

4) Vgl. Carnap, G.: a.a.O., S. 39

5) Riebel, P.: Industrielle ..., a.a.O., S. 95

6) Vgl. Mellerowicz, K.: Betriebswirtschaftslehre ..., a.a.O., S. 105 f.

7) Vgl. Hofmann, R.: a.a.O., S. 63

8) Vgl. Huth, H.: a.a.O., S. 38

Bei zeitlich nicht gebundener Fertigung wird der Ablauf nach Beendigung der einzelnen Operationen mehr oder weniger lange unterbrochen, da eine Abstimmung der einzelnen Vorgänge nicht möglich ist. Diese Art der zeitlichen Bindung finden wir vor allem bei Betrieben, die eine größere Anzahl verschiedenartiger Produkte herstellen. "Die Vielzahl und Vielartigkeit und der ständige Wechsel der Arbeitsoperationen schließt jede zeitliche Abstimmung der Arbeitsgänge aufeinander aus."¹⁾ Der Ablauf kann als ungleichmäßig intermittierend bezeichnet werden.²⁾

Wie bei allen bisher erörterten Merkmalen, so gilt auch bei der zeitlichen Bindung des Ablaufs, daß in den Betrieben nicht nur eine Ausprägung durchgehend verwirklicht ist, sondern daß mehrere gemeinsam auftreten können.

2. Die zeitliche Abstimmung der Fertigungsvorgänge bei den verschiedenen Arten der zeitlichen Bindung des Ablaufs

Voraussetzung für einen zeitlich gebundenen Ablauf ist eine gleiche Fertigungsdauer an jedem Produktionsmittel oder Arbeitsplatz. Das Angleichen der verschiedenen Fertigungsvorgänge ist bei Handarbeitsgängen meist relativ einfach durchzuführen, da sie meist ohne größere Schwierigkeiten aufgeteilt werden können.³⁾ Weitaus schwieriger ist das Erreichen einer einheitlichen Zeitdauer, wenn die Fertigungsvorgänge auf Produktionsmittel ausgeführt werden, weil ein beliebiges Zerlegen des Ablaufs nicht mehr möglich ist.⁴⁾

"Die dadurch sich ergebenden Schwierigkeiten lassen sich überbrücken, wenn die Leistungsfähigkeiten der einzelnen Glieder in ein ganzzahliges Verhältnis zueinander ge-

1) Mellerowicz, K.: Betriebswirtschaftslehre ..., a.a.O., S. 107; siehe ferner: Männel, W.: a.a.O., S. 28; Köbel, H./Schulze, J.: Die Abgrenzung ..., a.a.O., S. 156

2) Vgl. Ensslin, G.: a.a.O., S. 120

3) Vgl. Hennig, K.W.: Betriebswirtschaftslehre ..., a.a.O., S. 51

4) Vgl. Wrba, M.: a.a.O., S. 46

bracht werden. Man hilft sich dann durch Doppel- bzw. Mehrfachführung der Arbeitsgruppen aus".¹⁾ Auf diese Weise kommt es zu einer Parallelschaltung von einzelnen Produktionsmitteln.²⁾ Wir wollen in solchen Fällen von einem "aufgespaltenen Fertigungsstrang" sprechen,³⁾ der sowohl in Betrieben mit vorherrschend chemischer wie auch mit vorherrschend mechanischer Technologie auftritt. Eine Mehrfachführung von Produktionsmitteln für ein bestimmtes Verfahren ist besonders häufig bei chemischer Technologie zu finden, da die Zerlegbarkeit der Fertigungsvorgänge auf Grund des eigengesetzlichen Fortschreitens der Reak-

1) Gwalter, E.: a.a.O., S. 69; siehe auch Keith, L.A./Gubellini, C.E.: Business Management, New York - Toronto - London 1958, S. 163 f. Kern bezeichnet dies als horizontale Kapazitätsaggregation. Vgl. Kern, W.: a.a.O., S. 84

2) Vgl. a. Ohse, J.: a.a.O., S. 611

3) Das Vorliegen eines aufgespaltenen Fertigungsstrangs kann in manchen Fällen zu Verwechslungen mit einer Werkstattfertigung führen, denn hier wie dort sind mehrere Produktionsmittel gleichen Verfahrens räumlich zusammengefaßt. Entscheidend ist jedoch die Art der räumlichen Verknüpfung mit dem folgenden Fertigungsvorgang. Während sie bei Werkstattfertigung grundsätzlich beliebig ist, besteht bei einer Fließfertigung eine zwangsläufige und direkte Verknüpfung mit der folgenden Fertigungsstation.

Die Fragen ob Werkstatt- oder Fließfertigung vorliegt, kann in ähnlicher Weise auch dann auftreten, wenn nicht nur einzelne Produktionsmittel sondern ganze Fertigungsstränge parallel nebeneinander geschaltet werden. Auch in diesem Fall, den wir als Mehrstrangfertigung (E. Schäfer) bezeichnen können, sind mehrere Produktionsmittel gleichen Verfahrens räumlich zusammengefaßt, aber auch hier ist jedes direkt und zwangsläufig mit dem folgenden verbunden, ohne daß eine Wahlmöglichkeit in der Ablauffolge besteht.

Der Eindruck einer Werkstattfertigung ist oft dort am stärksten, wo mehrere Fertigungsstränge nebeneinanderlaufen, die jeweils einen aufgespaltenen Fertigungsstrang darstellen. Die Zahl der parallel vorhandenen Produktionsmittel gleichen Verfahrens kann dabei - vor allem in Betrieben mit chemischer Technologie - zehn und mehr betragen. Dennoch liegt keine Werkstattfertigung vor, da nicht das einzelne Produktionsmittel für sich zu betrachten ist, sondern die Art und Weise, wie es mit dem folgenden Produktionsmittel verknüpft ist.

tionen erheblich eingeschränkt ist. Die Abläufe "bilden gewissermaßen von einem stabilen Ausgangszustand bis zum nächsten stabilen Zustand geschlossene Produktionsphasen, die nicht beliebig in Teilprozesse zerlegt werden können".¹⁾ In diesem Zusammenhang ist kurz auf einen Sonderfall des aufgespaltenen Fertigungsstrangs hinzuweisen, der als Batteriesystem oder Ringbetrieb und in neuerer Zeit auch als Reihum-System bezeichnet wird.²⁾ Während normalerweise alle Produktionsmittel zusammen mit dem nachfolgenden Fertigungsverfahren verbunden sind, werden beim Reihum-System nicht alle Produktionsmittel gleichzeitig zusammen mit dem folgenden Fertigungsgang verknüpft, sondern nur jeweils eines. Das Reihum-System tritt dort auf, wo auf ein diskontinuierliches Verfahren ein kontinuierliches folgt und umgekehrt. Um auch hier einen zeitlich streng gebundenen, stetigen Fertigungsablauf zu erreichen, werden mehrere Apparate gleicher Art nebeneinandergestellt. Der Ablauf wird zeitlich so gesteuert, daß der Vorgang im diskontinuierlich arbeitenden Apparat gerade dann beginnt, wenn er im anderen beendet ist. Die einzelnen Apparate arbeiten "phasenverschoben parallel".³⁾

Eine exakte zeitliche Abstimmung der Teilvorgänge ist von besonderer Bedeutung bei strenger Bindung und stetigem Ablauf. Die Größe der Apparate muß dann genau auf die vor-

1) Riebel, P.: Mechanisch-technologische ..., a.a.O., S. 429. In Betrieben mit vorherrschend chemischer Technologie erfolgt eine Mehrfachführung häufig auch aus konstruktiv-technischen, reaktionstechnischen Gründen oder um eine bessere Anpassungsfähigkeit gegenüber Betriebsstörungen und Marktschwankungen zu gewährleisten. Vgl. hierzu Kölbel, H./Schulze, J.: Projektierung ..., a.a.O., S. 245; Riebel, P.: Industrielle ..., a.a.O., S. 101; Henglein, F.A.: a.a.O., S. 210

2) Vgl. Riebel, P.: Industrielle ..., a.a.O., S. 107. Hierfür wird auch die Bezeichnung "quasi-kontinuierliches Verfahren" verwendet. Vgl. Kölbel, H./Schulze, J.: Die Abgrenzung ..., a.a.O., S. 158; vgl. hierzu auch Sulfrian, A.: a.a.O., S. 127 f.

3) Vgl. Riebel, P.: Industrielle ..., a.a.O., S. 107

gesehene Gesamtleistung abgestimmt werden, und zwar der "Querschnitt auf die je Zeiteinheit durchzusetzende Stoffmenge und die 'Länge' der Stoffwege (Reaktionsrohre usw.) auf die Dauer der einzelnen Teilvorgänge."¹⁾ Bei der Aneinanderreihung von chargenweise arbeitenden Apparaten erfolgt meist eine weniger genaue Abstimmung des jeweiligen Leistungsvolumens.²⁾ Aufgespaltene Fertigungsstränge finden wir dort, wo einige Produktionsmittel zeitlich langsamer arbeiten als die übrigen. Es kommt aber auch vor, daß Maschinen oder Apparate in einer Ablauffolge benötigt werden, die schneller als die übrigen arbeiten, z.B. Schleifmaschinen bei der Herstellung von Außen- und Innenringen für Kugellager. "Für solche Fälle müssen sich dann mehrere Flußläufe in dieser einen Maschine treffen, um dann wieder gesondert weiterzugehen."³⁾ In diesen Fällen ist es zweckmäßig, die Fließreihe vor der Maschine mit dem kürzeren Arbeitstakt abubrechen.⁴⁾ Diese Maschine arbeitet dann nicht nur für einen Strang, sondern für mehrere. In der amerikanischen Literatur findet sich hierfür die Bezeichnung "common machine",⁵⁾ da das Produktionsmittel von mehreren Fertigungssträngen gemeinsam benutzt wird. Es kann sich am Anfang in der Mitte oder am Ende der Fertigung befinden.

Die Abstimmung der einzelnen Vorgänge bei mechanisch-technologischen Verfahren kann sich beziehen auf die Angleichung der Zeiten je Stück oder je Satz eines Produkts.⁶⁾ Man wird eine Abstimmung je Satz dann wählen, "wenn das Zusammensetzen bzw. ... Bearbeiten eines klei-

1) Riebel, P.: Industrielle ..., a.a.O., S. 103

2) Vgl. Kölbel, H./Schulze, J.: Abgrenzung ..., a.a.O., S. 155

3) von Holzer, R.: Systematische Fabrikationalisierung, München und Berlin 1928, S. 96

4) Vgl. Lauke, H.L.: a.a.O., S. 66

5) Vgl. Muther, R.: Produktion-Line-Technique ..., a.a.O., S. 272

6) Vgl. Carnap, G.: a.a.O., S. 39 ff.; siehe auch Funke, H./Blohm, H.: a.a.O., S. 53 f.; Jung spricht hier von "Einzelstück- und Mehrstücksystem", vgl. Jung, O.: a.a.O., S. 46

nen Teils so kurze Zeit dauert ...,daß die Nebenzeiten (wie z.B. Aufnehmen und Weglegen ...) länger sind als die eigentlichen Bearbeitungszeiten je Stück."¹⁾ In den meisten Fällen wird die Abstimmung jedoch auf die stückweise Bearbeitung bezogen, Die Länge der Taktzeit ist in den einzelnen Industriezweigen unterschiedlich, je nach den Eigenarten der Fertigung.²⁾ In der Automobilindustrie gibt es kaum eine Taktzeit, die kleiner ist als eine Minute, die Grenze nach oben liegt etwa bei fünf Minuten.³⁾ Es gilt allgemein, daß der Ablauf um so gleichmäßiger erfolgt, je kürzer die Taktzeit ist.⁴⁾

Bei zeitlich nicht gebundener Fertigung, die für die Werkstattfertigung charakteristisch ist, Kann eine zeitliche Angleichung der einzelnen Fertigungsvorgänge nicht erreicht werden, da die Fertigungszeiten zu unterschiedlich sind und eine zeitliche Gleichschaltung der Produktionsvorgänge nicht möglich ist. Hier erfolgt eine kapazitätsmäßige Abstimmung der Teilanlagen für das gesamte Repertoire, wobei allerdings zeitweilige Über- und Unterbelastungen einzelner Produktionsmittel nicht zu vermeiden sind.⁵⁾

3. Das Entstehen von Zwischenlagern bei den verschiedenen Arten der zeitlichen Bindung des Ablaufs und ihre Ursachen

Eine lockere zeitliche Bindung und ein nicht gebundener zeitlicher Ablauf führen zu einer Unterbrechung des Produktionsfortschritts, was sich in einer Erhöhung der an sich erforderlichen Dauer des Transportvorgangs niederschlägt und sich konkret zeigt im Entstehen von Zwischen-

1) Nowak, G.: a.a.O., S. 73 f.; siehe auch Muther, R.: Fließende Fertigung, a.a.O., S. 145 ff.

2) Vgl. Carnap, G.: a.a.O., S. 39

3) Vgl. Nowak, G.: a.a.O., S. 65

4) Vgl. Hofmann, R.: a.a.O., S. 63

5) Vgl. Kölbel, H./Schulze, J.: Die Abgrenzung ..., a.a.O., S. 156

lagern, d.h. "wenn sich aus der Sicht des Erzeugungsobjektes an einen abgeschlossenen Arbeitsgang der nächste nicht unmittelbar anschließt."¹⁾ Das Entstehen eines Zwischenlagers bedeutet das Warten des Produkts auf den nächsten Bearbeitungsvorgang.²⁾ Bei lockerer bzw. bei fehlender Leistungsabstimmung kommt es deshalb zur Bildung von Zwischenlagern, weil die verschiedenen Produktionsmittel in der Fertigungsdauer je Einheit Unterschiede aufweisen.³⁾ Daher ist die Ausbringungsmenge an den einzelnen Stationen je Zeiteinheit ungleich und den Zwischenlagern kommt die Aufgabe zu, diese zeitlichen Unterschiede auszugleichen.⁴⁾ Nordsieck bezeichnet die Zwischenlager, die auf Grund unterschiedlicher Zeiten der Produktionsmittel entstehen, als Passungs- oder Schachtelungslager. Daneben unterscheidet er Schwankungslager, die dadurch entstehen, daß die Zeitdauer je Verrichtung mehr oder weniger um einen Durchschnittswert schwankt.⁵⁾ Dies tritt dann auf, wenn die menschliche Arbeitskraft in bestimmender Weise in den Ablauf eingeschaltet ist, also bei Handarbeiten und bei maschineller Fertigung, sofern die Produktionsmittel einen geringen Mechanisierungsgrad aufweisen.⁶⁾ In diesen Fällen treten beide Faktoren der Zwischenlagerbildung gemischt auf.⁷⁾ Bei Abläufen, deren Fertigungsstationen zeitlich nicht streng aufeinander abgestimmt sind, übt das dann entstehende Zwi-

1) Männel, W.: Die Entstehung von Zwischenlagerungen in Industriebetrieben. In: Industrielle Organisation, 34. Jg. (1965), S. 17 - 34, S. 19. Hiervon zu unterscheiden ist das Produktivlager (Reifelager), in dessen Verlauf eine qualitative Veränderung erfolgt und einen Produktionsfortschritt bewirkt. Vgl. dazu Männel, W.: a.a.O., S. 18; Nordsieck, F.: Rationalisierung ..., a.a.O., S. 140; Henzel, F.: Lagerwirtschaft, Essen 1950, S. 33; Pirner, H.: a.a.O., S. 40

2) Vgl. Nordsieck, F.: Rationalisierung ..., a.a.O., S. 142

3) Vgl. Müssig, P.: Die allgemeinen Grundlagen zur Lösung der Lager- und Beschäftigungsprobleme - Der zeitliche Verwendungsausgleich, Diss., Frankfurt a.M. 1954, S. 96

4) Vgl. Nordsieck, F.: Rationalisierung ..., a.a.O., S. 142

5) Vgl. ebenda, S. 160 ff.

6) Vgl. Männel, W.: a.a.O., S. 23

7) Vgl. Nordsieck, F.: Rationalisierung..., a.a.O., S. 163

schenlager eine zeitliche Ausgleichsfunktion aus.¹⁾

Ein Zwischenlager kann aber auch dann entstehen, wenn die einzelnen Stationen des Fertigungsablaufs in zeitlich strenger Weise aufeinander abgestimmt sind. Das Zwischenlager hat dann keine Ausgleichs- sondern eine Sicherheitsfunktion zu erfüllen. Es dient dazu, bei Ausfall eines Produktionsmittels in einem Fertigungsstrang einen Stillstand der ganzen Reihe zu vermeiden²⁾ und wird gebildet "hinter solchen Stellen, bei denen Abweichungen vom planmäßigen Ausstoßrhythmus mit großer Wahrscheinlichkeit zu erwarten sind (also hinter störungsanfälligen Maschinen ...)." ³⁾ Es handelt sich hier also um Vorsichts- und Reserveläger, die die Abhängigkeit der einzelnen Fertigungs-

-
- 1) Ein Zwischenlager kann auch einem quantitativen Ausgleich dienen; und zwar dann, wenn eingehende kleine Mengen gesammelt werden, um in größeren Losen weitergegeben zu werden (Sammelfunktion), oder wenn eingehende große Lose nach und nach in kleineren Mengen weitergereicht werden (Verteilerfunktion). Vgl. Ohse, H.: a.a.O., S. 161. "Auch mit dem Zweck der mengenmäßigen Überbrückung ist ein Geschehen im Zeitablauf verbunden, primäre Ursache für die Bildung eines Lagers ist hier jedoch, daß die Anlieferung von Gütern in größeren Mengen (An. bzw. kleineren, H.R.) erfolgt, als sie verwendet werden können." Göldner, J.: Aufbauorganisation der industriellen Lagerwirtschaft, Berlin 1960, S. 27

Ein Zwischenlager kann auch eine qualitative Ausgleichsfunktion erfüllen, wie es teilweise bei chemischen und physikalischen Abläufen der Fall ist. Vgl. Riebel, P.: Elastizität ..., a.a.O., S. 127

Schließlich könnte man in bestimmten Fällen von einer räumlichen Ausgleichsfunktion des Zwischenlagers sprechen, und zwar dann, wenn das Zwischenlager nicht am Arbeitsplatz gebildet wird, sondern wie bei der Kreisförderung in dauernder Bewegung ist. Transport- und Lagervorgang fallen hier allerdings zusammen. Vgl. Lauke, H.L.: Die Leistungsabstimmung ..., a.a.O., S. 12

- 2) Vgl. Hofmann, R.: a.a.O., S. 96
3) Männel, W.: a.a.O., S. 27

stellen bei zeitlich strenger Bindung etwas auflockern.¹⁾

"Nach dieser Methode werden an bestimmten Stellen des Materialflusses zwischen den einzelnen Maschinen, Maschinengruppen oder Sektionen Speicher eingebaut, wobei diese ein-, zwei- oder dreistöckigen Speicher Pufferreservoirs bilden, um die Werkstücke der vorhergehenden Maschine aufzunehmen, sie der nachfolgenden Maschine zuzuleiten oder sie systematisch zu lagern, für den Fall, daß eine Maschine nicht mehr arbeitet!"²⁾

Während Zwischenlager, die auf Grund eines Ausgleichs entstehen, durch technische oder organisatorische Eigenarten eines Betriebs bedingt sind, wird das Zwischenlager, das aus Sicherheitsgründen gebildet wird, bewußt eingesetzt.³⁾

Eine weitere Kategorie von Zwischenlagern erhalten wir bei der Betrachtung des Ablaufs bei zeitlich nicht gebundener Fertigung. In diesen Fällen wandern "die Arbeitsstücke in geschlossenen Reihen von einem Werkplatz zum anderen. ... Die ganze Serie von Elementen verbleibt also so lange an einem Arbeitsplatz, bis die letzte Arbeitsoperation am letzten Stücke ausgeführt ist."⁴⁾ Aus diesem Grund ent-

1) Vgl. Ohse, H.: a.a.O., S. 689. Dieses "Prinzip der Auflockerung durch Unterteilung" - das im übrigen nur bei mechanisch-technologischer Fertigung möglich ist - kann so weit gehen, daß bei einer Aufeinanderfolge einer größeren Anzahl von Fertigungsoperationen der Ablauf in Teilstränge aufgegliedert wird, zwischen denen die Erzeugnisse jeweils für kurze Zeit lagern. Vgl. Riebel, P.: Die Elastizität .., a.a.O., S. 43; siehe auch Guttenberg, E.: a.a.O., S. 103; Pfeiffer, W.: Integrale Qualität bei hochautomatisierten Fertigungsanlagen. In: ZfB, 35. Jg. (1965), S. 109 - 124, S. 113; Moore, F.G./Welti, O.: a.a.O., S. 158. Diese Teilstränge werden auch als "sections" bzw. "Sektionen" bezeichnet. Vgl. Schachtschabel, H.G.: a.a.O., S. 34

2) Schachtschabel, H.G.: a.a.O., S. 34. Diese Zwischenlager werden von Schachtschabel auch als "interoperationelle Speicherseen" bezeichnet. Vgl. ebenda, S. 34; siehe dazu auch: Stubenrecht, A.: Stand der Automatisierung in den Vereinigten Staaten von Amerika. In: Arbeitsvorbereitung - Automatisierung - Elektronik, hrsg. von der Deutschen Gesellschaft für Betriebswirtschaft, Berlin 1956, S. 47 - 62, S. 48

3) Vgl. Ohse, H.: a.a.O., S. 689

4) Huth, H.: a.a.O., S. 35 f.; siehe auch Müssig, P.: a.a.O., S. 109

stehen notwendigerweise an jedem Arbeitsplatz umfangreiche Zwischenlager, die zu relativ langen Wartezeiten führen.¹⁾ Es wird hier in manchen Fällen von der Möglichkeit Gebrauch gemacht, nicht das geschlossene Fertiglos sondern Teillöse weiterzugeben.²⁾ Sie wird vor allem dort angewandt, wo der Transport der Produkte nach dem Prinzip der Kreisförderung erfolgt. "Doch können diese Zwischenlagerungen nicht einfach als die Folgen organisatorischer Mängel bezeichnet werden. Vielmehr sind solche Lagerungen bei wechselnder Fertigung und einem sehr heterogenen Fertigungsprogramm so gut wie unvermeidbar ..." ³⁾ Wir wollen hier von einer ablaufbedingten Zwischenlagerung sprechen. Wir können die Zwischenlager nach der Ursache ihrer Entstehung als Ausgleichs-, Sicherheitslager und ablaufbedingte Lager bezeichnen.⁴⁾ Es lassen sich nun bestimmte Beziehungen zwischen der Art der zeitlichen Bindung und der Entstehung von Zwischenlagern und ihren Ursachen feststellen. Bei zeitlich strenger Bindung und stetigem Ablauf ist eine Zwischenlagerbildung innerhalb eines in sich geschlossenen Fertigungsstranges nicht möglich. Bei zeitlich strenger Bindung und rhythmisch intermittierendem Ablauf können Zwischenlager auftreten, die als Sicherheitslager dienen. Bei zeitlich lockerer Bindung finden wir

1) Vgl. Henzel, F.: Rationalisierung der Lagerhaltung in der Industrie. In: ZfhF N.F., 6. Jg. (1953), S. 211 - 224, S. 222; vgl. a. Danner, D.: Die Ablaufplanung mehrstufiger diskontinuierlicher Prozesse, Diss., Mannheim 1963, S. 23 f.

2) Vgl. Kölbel, H./Schulze, J.: Fertigungsvorbereitung ..., a.a.O., S. 104

3) Männel, W.: a.a.O., S. 31

4) Vgl. Ellersiek, K.: a.a.O., S. 15; vgl. dazu auch: Kalveram, W.: a.a.O., S. 140 f.; Muther, R.: Fließende Fertigung ..., a.a.O., S. 150; Buser, P.: a.a.O., S. 26; Kaps, K.H.: Die Bedeutung der Lagerhaltung für die Produktionsplanung in Industriebetrieben, Köln und Opladen 1965, S. 15; Ohse, H.: a.a.O., S. 61; Mellerowicz, K.: Betriebswirtschaftslehre ..., a.a.O., S. 122

Ausgleichsläger vor, während bei zeitlich nicht gebundener Fertigung Ausgleichsläger und ablaufbedingte Läger entstehen.¹⁾ Es zeigt sich also die Tendenz, daß mit abnehmender Intensität der zeitlichen Bindung des Ablaufs die Unvermeidbarkeit der Entstehung von Zwischenlagern wächst. Der Sinn eines Zwischenlagers besteht nicht darin, den laufenden Fertigungsfluß zu unterbrechen oder zu erschweren, sondern gerade umgekehrt Störungen im Ablauf aufzufangen und auszuschalten.²⁾ Die Bildung von Zwischenlagern ist daher ökonomisch gerechtfertigt, wenn auf diese Weise höhere, zumindest aber gleich hohe Kosten vermieden werden.³⁾

IV. Die Unterbrechbarkeit des Ablaufs

1. Der Begriff Unterbrechbarkeit

Bei dem Merkmal der Unterbrechbarkeit des Ablaufs betrachten wir die Fertigung unter einem zeitlichen Aspekt. Im Gegensatz jedoch zum Merkmal der zeitlichen Bindung des Ablaufs, bei dem wir das zeitliche Zusammenwirken der Fertigungsvorgänge im einzelnen betrachteten, fragen wir bei der Unterbrechbarkeit, ob Fertigungsvorgänge bzw. -abläufe in ihrer Folge unterbrochen werden können.

Wenn wir die Unterbrechbarkeit von Fertigungsabläufen vom technischen Standpunkt aus betrachten, ist es möglich, jeden Ablauf zu unterbrechen. Fragen wir jedoch nach den ökonomischen Konsequenzen, die eine Unterbrechung des Fertigungsablaufs mit sich bringt, so können wir feststellen, daß in den verschiedenen Betrieben die Frage der Möglichkeit einer Unterbrechung des Ablaufs unterschiedlich beantwortet werden wird.

1) Ausgleichsläger und ablaufbedingte Zwischenläger können bei Störungen ebenfalls als Sicherheitsläger dienen, dies ist allerdings nicht die Ursache ihrer Entstehung.

2) Vgl. Mellerowicz, K.: Betriebswirtschaftslehre ..., a.a.O., S. 13

3) Vgl. Müssig, P.: a.a.O., S. 146

Ein Fertigungsablauf sollte vom ökonomischen Standpunkt aus nicht unterbrochen werden, wenn durch Wiederaufnahme der Fertigung beträchtliche Kosten entstehen würden. Es kann sich dabei um Kosten der Stilllegung und des Anfahrens der Produktion und in besonderen Fällen auch um Kosten der Instandsetzung von Produktionsmitteln handeln. Ein Fertigungsablauf kann unterbrochen werden, wenn diese Kosten bei einer Unterbrechung nicht oder nur in sehr geringem Maße anfallen.

Eine Unterbrechung des Fertigungsablaufs kann zufällig oder planmäßig erfolgen, im ersten Fall ergibt sie sich aus einer Betriebsstörung, im zweiten wird sie bewußt und gewollt herbeigeführt.¹⁾ Bei einer Unterbrechung auf Grund einer Betriebsstörung handelt es sich in vielen Fällen um eine Unterbrechung, deren Behebung je nach der Ursache verschieden lange Zeiten beanspruchen kann, in den meisten Fällen jedoch nur einige Minuten oder wenige Stunden. Bei einer planmäßigen Unterbrechung wird der Ablauf im Prinzip für eine längere Zeit unterbrochen, in den Betrieben mit mechanischer Technologie z.B. zwischen 8 und 16 Stunden, je nachdem, ob in ein oder zwei Schichten gearbeitet wird. Hier ist die Unterbrechung des Ablaufs, die sich ganz konkret zeigt, daß nicht mehr produziert wird, im Prinzip mit einer Stilllegung der Produktionsmittel verbunden. Die Unterbrechung auf Grund einer Betriebsstörung soll uns hier jedoch nicht weiter interessieren. Wir betrachten im folgenden nur die gewollte Unterbrechung von Fertigungsabläufen.

2. Die Arten der Unterbrechbarkeit des Ablaufs.

Grundsätzlich können wir zwei Arten der Unterbrechbarkeit von Abläufen feststellen, "je nachdem (ob) die Produktion Unterbrechung erleiden kann oder Tag und Nacht geführt werden muß"²⁾ In beiden Fällen gibt es je eine Unterart,

1) Vgl. Hax, K.: Grundlagen ..., a.a.O., S. 17 f.

2) Isaac, A.: Der Industriebetrieb, a.a.O., S. 88; vgl. a. Hinsel, D.: a.a.O., S. 13

so daß wir insgesamt vier Arten der Unterbrechbarkeit unterscheiden können.

"Vor allem bei mechanisch-technologischen Prozessen ... kann man den Ablauf praktisch jederzeit unterbrechen und zu einem beliebigen späteren Zeitpunkt wieder aufnehmen,"¹⁾ ohne daß dadurch zusätzliche Kosten entstehen. Es ist allerdings zweckmäßig, den Ablauf dann zu unterbrechen, wenn das Erzeugnis, das sich gerade in der Maschine befindet, fertig bearbeitet wird, um Ausschuß zu vermeiden. Wir wollen hier von einem beliebig unterbrechbaren Fertigungsablauf (E. Schäfer) sprechen.²⁾

Werden Vorgänge chargenweise durchgeführt, wie z.B. bei chemischen Prozessen, "darf während der Umwandlung einer Charge in der Regel der Prozeß nicht unterbrochen werden, sondern erst nach Beendigung der Reaktion, der Prozeß ist also gewissermaßen nur rhythmisch unterbrechbar."³⁾ Schäfer bezeichnet diesen Fall als nicht beliebig unterbrechbare Fertigung. Sie gilt jedoch nicht grundsätzlich für alle chargenweise ablaufenden Vorgänge, sondern nur dort, wo keine oder nur relativ geringe Mengen von Wärmeenergien erforderlich sind, und nach Ablauf der Charge die Fertigung unterbrochen und die Apparate stillgelegt werden können, ohne daß dadurch besondere Kosten entstehen.

Neben chargenweise ablaufenden Vorgängen gibt es auch kontinuierlich arbeitende Apparate, die nicht beliebig unterbrochen werden können, sondern erst nach einem bestimmten Zeitpunkt. Auch hier handelt es sich um Vorgänge, die ohne beträchtliche Wärmeenergien ablaufen können, wie z. B. die Milchbearbeitung in einer Molkerei, oder die

1) Riebel, P.: Die Elastizität ..., a.a.O., S. 130

2) Ireson kennzeichnet diesen Fall als "interruptable industry", "in which the production process may be stopped on short notice without suffering any losses except those due to idleness of the workers and the equipment." Ireson, W.G.: Factory Planning and Plant Layout, New York 1952, S. 4

3) Riebel, P.: Mechanisch-technologische ..., a.a.O., S.428

Herstellung von Mehl in einer Getreidemühle. Der Ablauf ist ebenso wie bei den erwähnten chargenweise arbeitenden Apparaten grundsätzlich unterbrechbar, hier jedoch erst dann, wenn die Beschickung der Apparatur abgebrochen wird und die Materialien, die sich bereits im Fertigungsablauf befinden, alle Stationen passiert haben. Im anderen Fall würde, wie bei der Chargenproduktion, ein mehr oder weniger hoher Ausschuß entstehen.¹⁾

In Betrieben mit vorherrschend chemischer Technologie ist jedoch die "Stilllegung und Wiederingangsetzung in vielen Fällen mit sehr großen Kosten verbunden. ... Die natürliche Betriebsdauer beträgt deshalb durchlaufend 24 Stunden."²⁾ In diesem Fall wollen wir nach E. Schäfer von einem nicht unterbrechbaren Ablauf sprechen, den er auch als permanentente Fertigung bezeichnet.³⁾ There "it is

1) Vgl. a. Hax, K.: Grundlagen ..., a.a.O., S. 56

2) Weblus, B.: a.a.O., S. 20

3) Vgl. Schäfer, E.: Produktionswirtschaft und Absatzwirtschaft, a.a.O., S. 543; siehe auch Riebel, P.: Die Kuppelproduktion, a.a.O., S. 109; Löw, K.: Ökonomische Probleme der teilweisen und vollständigen Betriebsstilllegung, Diss., Nürnberg 1961, S. 53 f.; Weber, H.: Die Marktformenlehre in betriebswirtschaftlicher Sicht. In: ZfbF N.F., 17 Jg. (1965), S. 713 - 731, S. 728 f. Daneben haben sich auch andere Bezeichnungen herausgebildet, so spricht Sauer von einem "konstant-kontinuierlichen Betrieb". Vgl. Sauer, K.: a.a.O., S. 20. Die Bezeichnung kontinuierlich findet sich überhaupt häufiger hierfür; vgl. z.B. Hax, K.: Grundlagen ..., a.a.O., S. 57; Hofmann, R.: a.a.O., S. 39; Struckmann, G.: Die Arbeitszeitplanung in Industriebetrieben, Berlin 1960, S. 170 ff.; Riebel spricht auch von "pausenlosen Prozessen", vgl. Riebel, P.: Mechanisch-technologische ..., a.a.O., S. 428, sowie vom "Zwang zum durchgehenden Betrieb", vgl. Riebel, P.: Die Elastizität ..., a.a.O., S. 130. Schließlich gibt es die Bezeichnungen "durchlaufende Arbeitsweise" und "Durchfahrbetrieb", vgl. Neuloh, O./ Braun, R./Werner, E.: Die durchlaufende Arbeitsweise, Tübingen 1961, S. 28.- Die permanente Fertigung ist zu unterscheiden vom "Prinzip der Vollausnutzung der Produktivkräfte". Vgl. Hax, K.: Industriebetrieb, a.a.O., S. 251. Hier handelt es sich um einen mehr arbeitsorganisatorischen Begriff, der mit der Nichtunterbrechbarkeit der Fertigung nicht identisch ist. Im ersten Fall sind es rein wirtschaftliche Gründe, die zu einem 24-Stunden-Betrieb führen. Vgl. Riebel, P.: Mechanisch-technologische ..., a.a.O., S. 428

impossible to stop the production process on short notice without suffering considerable loss due to ... damage to equipment, or the cost of labor and materials required to clean out and recondition equipment. ... For economical production such plants have to be designed to operate more or less continuously for a considerable period of time after once having been started, even though the materials may be processed in batches."¹⁾

Ein Zwang zur permanenten Fertigung ergibt sich vor allem aus technologischen Gründen aus den Eigenarten des Ablaufs von chemischen Verfahren,²⁾ da teilweise erhebliche äußere Kräfte, wie Wärmeenergien, erforderlich sind, um den Reaktionsablauf in Gang zu bringen und das Einstellen und Abstimmen der Reaktionsbedingungen eine beträchtliche Zeitdauer benötigt und nicht selten große Schwierigkeiten bereitet. Eine permanente Fertigung kann bei chargenweise und kontinuierlich ablaufenden Vorgängen auftreten. Eine nicht unterbrechbare Fertigung ergibt sich ökonomisch gesehen aus den kosten- und ertragswirtschaftlichen Verhältnissen in den Betrieben. Eine Unterbrechung des Ablaufs, die gleichzeitig eine Stilllegung der Produktionsmittel zur Folge hat, würde erhebliche Kosten verursachen sowie einen beträchtlichen Zeitaufwand, der gleichbedeutend ist mit einer verminderten Produktionszeit und damit einem geringeren Mengenausstoß.³⁾ Wir können damit drei Gruppen von Kostenarten unterscheiden, die bei einer Unterbrechung anfallen würden, nämlich Stillsetzungs- und Anlaufkosten sowie Kosten für Instandsetzung, bedingt durch die Unterbrechung. Der Ertragsausfall kann sich auf Stunden oder Tage beziehen, je nach der Dauer der Stillsetzung, des Anlaufs und einer möglichen Instandsetzung.

Bei Fertigungsabläufen, die einen hohen Aufwand von Energieleistungen erfordern, wie z.B. die Herstellung von

1) Iresch, W.G.: a.a.O., S. 4

2) Vgl. Schäfer, E.: Beschäftigung und Beschäftigungsmessung ..., a.a.O., S. 69

3) Vgl. Riebel, P.: Die Elastizität ..., a.a.O., S. 37; derselbe: Die Kuppelproduktion ..., a.a.O., S. 108

Roheisen im Hochofen oder die Erdölverarbeitung sind die Kosten einer Wiederinbetriebnahme so hoch, daß es wirtschaftlich nicht zu rechtfertigen ist, die Produktionsmittel nur einige Stunden am Tag laufen zu lassen. Bei einer Stilllegung tritt zunächst ein Verlust der angesammelten Wärmeenergie ein,¹⁾ die beim Anlaufen der Fertigung wieder zugeführt werden muß. Außerdem dauert das Auslaufen und Ingangsetzen so lange, daß auch aus diesem Grund ein permanenter Ablauf zweckmäßig ist.²⁾ Wir finden nicht unterbrechbare Abläufe bei kontinuierlich arbeitenden Produktionsmitteln, wie z.B. bei der Gasherstellung und der Schwefelsäurefabrikation, aber auch bei chargenweise arbeitenden Apparaturen, wie z.B. bei der Stahlherstellung im Siemens-Martin Ofen und bei der Bierherstellung.³⁾ Bei kontinuierlichen Prozessen kommt meist hinzu, daß das Anfahren der Fertigung große Schwierigkeiten bereitet, so daß erhebliche Ausschußkosten anfallen können.⁴⁾ "In vielen Fällen verträgt auch die Apparatur die mit der Unterbrechung verbundenen Temperaturschwankungen nicht ohne erhebliche Schädigung, z.B. die Hochöfen und Kohleentgasungsöfen, die Schmelzwannen der Glashütten und die Bleikammern der Schwefelsäurefabriken."⁵⁾

Wenn wir diese Kosten- und Ertragsüberlegungen zugrunde legen, so können wir zwei Arten der nicht unterbrechbaren Fertigung unterscheiden, die wir als periodisch-permanente und konstant-permanente Fertigung bezeichnen wollen.⁶⁾

1) Dies bezeichnet Ellinger als "Abbau des Potentials".
Vgl. Ellinger, Th.: a.a.O., S. 33

2) Vgl. Löw, A.: a.a.O., S. 54

3) Vgl. Riebel, P. Die Kuppelproduktion ..., a.a.O., S. 109

4) Vgl. derselbe: Die Elastizität ..., a.a.O., S. 27;
vgl. auch Kostenrechnung in der chemischen Industrie,
a.a.O., S. 61

5) Riebel, P.: Mechanisch-technologische ..., a.a.O., S. 428; siehe auch derselbe: Industrielle ..., a.a.O., S. 73

6) In Anlehnung an die Bezeichnungen "periodisch-kontinuierliche" und "konstant-kontinuierliche Fertigung" von Sauer, K.: a.a.O., S. 20

Bei periodisch-permanenter Fertigung arbeiten die Betriebe zwar Tag und Nacht durchgehend 24 Stunden, die Produktion wird jedoch zum Wochenende eingestellt,¹⁾ wie z.B. bei der Papierherstellung und der Produktion von Asbestzementrohren. Die Periode der Nichtunterbrechbarkeit beträgt also fünf oder sechs volle Tage. In manchen Fällen finden wir nicht nur aus fertigungstechnischen Gründen eine periodisch-permanente Fertigung, sondern auch aus Gründen, die in der Eigenart des Produkts liegen.

So gibt es Abläufe, deren einzelne Verfahrensschritte für die Abwicklung allein in einer Tagesschicht zu lang sind.²⁾ Wir finden dies besonders bei chemisch-biologischen Vorgängen, wie z.B. in einer Mälzerei. Die Vorgänge "laufen chargenweise ab und dürfen während der Dauer einer Charge nicht unterbrochen werden. Zum Teil müssen die einzelnen Phasen unmittelbar aufeinander folgen wie Weichen und Keimen. In der Mälzerei muß deshalb im 24-Stunden-Betrieb gearbeitet werden, da bei einem 1-oder 2-Schichten-Betrieb das Gut verderben würde."³⁾ Man wird in diesen Fällen die arbeitsintensive Operationen wie das Ansetzen neuer Chargen etc. während der Tagesschicht ausführen, während in den folgenden zwei Schichten mit relativ geringer Arbeitskräftebesetzung gefahren werden kann.⁴⁾

Periodisch-permanente Fertigungsabläufe finden wir bei chargenweise wie bei kontinuierlich arbeitenden Produktionsmitteln, beispielsweise bei der Papierherstellung, die in einer kontinuierlich arbeitenden Apparatur vor sich geht, bzw. bei der Herstellung der Würze in der Bierfabrikation, die in chargenweise betriebenen Apparaten ab-

1) Vgl. a. Riebel, P.: Die Elastizität ..., a.a.O., S. 37

2) Vgl. Kölbel, H./Schulze, J.: Fertigungsvorbereitung ..., a.a.O., S. 128

3) Riebel, P.: Die Elastizität ..., a.a.O., S. 36

4) Vgl. Kölbel, H./Schulze, J.: Fertigungsvorbereitung ..., a.a.O., S. 128

läuft. Die Temperaturen, die für den Ablauf erforderlich sind, können beträchtlich sein, sie sind aber nicht extrem hoch bzw. niedrig, so daß die Apparate bei einer Unterbrechung keinen Schaden nehmen. Bei chargenweise arbeitenden Apparaten wird man als Zeitpunkt für die Unterbrechung die Beendigung aller Fertigungsverfahren wählen.

Während diese Abläufe nach, aber auch schon vor Ablauf der Periode unterbrochen werden könnten, falls dies erforderlich sein sollte, sind konstant-permanente Abläufe an sich überhaupt nicht unterbrechbar, weil eine Unterbrechung außerordentlich hohe Stilllegungs-, Anlauf- oder Instandsetzungskosten verursachen würde. The machines therefore "must run around the clock seven days a week."¹⁾ So gibt es Betriebe, deren Produktionsmittel die mit einer Unterbrechung verbundenen Temperaturschwankungen nicht ohne erhebliche Schädigung vertragen. Hier besteht dann ein ganz strenger Zwang zur ununterbrochenen Fertigung, weil eine Instandsetzung erforderlich wäre. So sind z.B. Bleikammern in Schwefelsäurefabriken so empfindlich gegen Unterbrechungen, daß sie höchstens für Reparaturzwecke für kurze Zeit stillgelegt werden können, da stilllegende Anlagen außerordentlich stark korrodieren.²⁾ Auch bei Kokskammern in Gaswerken ist eine Unterbrechung nicht möglich, da dann die Dichtigkeit für immer gemindert wird, trotz der umfangreichen Reparatur, die eine

1) Timms, H.L.: a.a.O., S. 555 . Schäfer spricht hier von einem "zeitlichen Zwangslauf".

2) Vgl. Riebel, P.: Die Elastizität ..., a.a.O., S. 27.

Unterbrechung nach sich zieht.¹⁾ Die Lebensdauer solcher Anlagen "ist dann am größten, wenn stets eine gleichmäßige Betriebstemperatur eingehalten wird."²⁾ In all diesen Fällen handelt es sich um Fertigungsabläufe, die unter extrem hohen bzw. niedrigen Temperaturen vor sich gehen.

Daneben gibt es aber auch Betriebe, deren Ablauf nicht unterbrechbar ist, weil die Stilllegungs- und Wiederanlaufkosten einen besonders hohen Kostenaufwand verursachen würden. Hierbei handelt es sich vor allem um Betriebe, die eine große Betriebstiefe aufweisen, wie z.B. Erölraffinerien oder andere Zweige mit analytischer Stoffverwertung, wo eine Zerlegung in Kuppelprodukte mit anschließender Weiterverarbeitung erfolgt. Vielfach wird es so sein, daß sowohl erhebliche Aus- und Anlaufkosten wie Instandsetzungskosten bei einer Unterbrechung anfallen würden.

Wir haben vier Arten der Unterbrechbarkeit von Fertigungsabläufen kennengelernt. Bei beliebig unterbrechbarer Fertigung entstehen keine besonderen Kosten, wenn der Ablauf unterbrochen wird. Bei nicht beliebig unterbrechbarer Fertigung würde eine Unterbrechung vor Ablauf der Periode zwar noch keine großen, aber doch bereits einen gewissen Kostenbetrag erfordern. Wenn eine periodisch-

1) Vgl. ebenda, S. 30. Zwar erfolgt auch bei konstant-permanenter Fertigung nach einer bestimmten Zeitdauer eine Unterbrechung des Ablaufs, so daß man annehmen könnte, daß auch hier nur eine periodisch-permanente Fertigung vorliegt. Wir meinen aber, daß die Bezeichnung konstant-permanente Fertigung dennoch ihre Berechtigung hat. Während im einen Fall die Periode fünf oder sechs Tage dauert, beträgt der Zeitraum der Nichtunterbrechung einige Monate oder gar Jahre, so daß doch von einer gewissen Konstanz gesprochen werden kann. Außerdem erfolgt eine Unterbrechung bei periodisch-permanenter Fertigung auf Grund einer Wahlmöglichkeit, während die Unterbrechung bei konstant-permanenter Fertigung zwangsläufig herbeigeführt wird, da die Produktionsmittel wieder instandgesetzt werden müssen, wenn wir von Krisensituationen einmal absehen. Die Unterbrechung erfolgt also aus technischen Gründen, während sie im anderen Fall ökonomisch bedingt ist. Würde ein Anlagenverschleiß bei konstant-permanenter Fertigung nicht auftreten, dann wären die Produktionsmittel grundsätzlich immer und ohne Unterbrechung in Betrieb.

2) Riedelbauch, H.: Die fertigungswirtschaftliche Problematik ..., a.a.O., S. 81

permanente Fertigung vor Ablauf der Periode unterbrochen wird, entstehen bereits beträchtliche zusätzliche Kostenbelastungen für die Erzeugniseinheit, die bei konstant-permanenter Fertigung extrem hoch sind. Es zeigt sich also die Tendenz, daß mit Anwachsen der Nichtunterbrechbarkeit der Fertigung die Kostensituation, wie die Ertrags-situation, die durch eine Unterbrechung entsteht, zunehmend ungünstiger wird.

In vielen Betrieben ist nicht nur eine Art der Unterbrechbarkeit verwirklicht, sondern die verschiedenen Fertigungsstufen weisen eine unterschiedliche Art der Unterbrechbarkeit auf. Vielfach darf nur ein Fertigungsabschnitt nicht unterbrochen werden, während die übrigen jederzeit stillgelegt werden können.¹⁾

Schließlich ist darauf hinzuweisen, daß in Industriebetrieben mit gleichem Produktionsziel die Art der Unterbrechbarkeit nicht immer gleich sein muß. So wird z.B. die Fertigung im Sudwerk mancher Brauereien nach Ablauf einer Charge unterbrochen, wir haben in einem solchen Fall einen Betrieb mit nicht beliebig unterbrechbarer Fertigung vor uns. Andere Brauereien unterbrechen ihre Fertigung jeweils zum Wochenende, es liegt dann eine periodisch-permanente Fertigung vor, schließlich gibt es Brauereien, die auch während des Wochenendes ihre Fertigung nicht abbrechen, bei denen also eine konstant-permanente Fertigung besteht. Die Gründe hierfür liegen vor allem in den unterschiedlichen Betriebsgrößen.

1) Vgl. hierzu: Isaac, A.: Der Industriebetrieb, a.a.O., S. 88; Löw, A.: a.a.O., S. 54; Männel, W.: a.a.O., S. 24; Hax, K.: Die Substanzerhaltung der Betriebe, Köln und Opladen 1957, S. 102. Es kann vorkommen, daß in einem Betrieb im wesentlichen eine periodisch-permanente Fertigung besteht, daß aber bestimmte Produktionsmittel nur sehr schwer unterbrechbar sind. In solchen Fällen werden diese Produktionsmittel, die meist nur einen relativ kleinen Fertigungsabschnitt ausmachen, an Sonn- und Feiertagen lediglich "warmgehalten". Hier ist dann zwar die Fertigung unterbrochen, eine Stilllegung der Produktionsmittel erfolgt jedoch nicht. Vgl. hierzu auch Traub, K.: Die Abweichungsanalyse in Betrieben der Gießereiindustrie. In: ZfB 35. Jg. (1965), S. 280 - 301, S. 287

4. Kapitel: Erscheinungsformen der Fließfertigung

A) Die Unterscheidung in natürlich bedingte und künstlich herbeigeführte Fließfertigung ¹⁾

I. Die Begriffe natürlich bedingte und künstlich herbeigeführte Fließfertigung

Wir haben bereits bei unseren Ausführungen über die Geschichte der Fließfertigung auf den Gegensatz von natürlich bedingter und künstlich herbeigeführter Fließfertigung aufmerksam gemacht.²⁾ Der Unterschied liegt darin, daß in manchen Industriezweigen mit Beginn der industriellen Fertigung von vornherein eine starke Tendenz dazu besteht, die Produktionsmittel so anzuordnen, wie es der Ablauffolge des jeweils gefertigten Produkts entspricht. Während die Fließfertigung in diesen Zweigen aus verschiedenen Gründen besonders naheliegt, gibt es andere Branchen, in denen die Fließfertigung erst nach einer gewissen Zeit und nur mit besonderer Anstrengung angewandt wurde.³⁾ Der Unterschied zwischen diesen beiden Gruppen besteht in dem Umfang der Variierbarkeit der Aufeinanderfolge von Fertigungsvorgängen.⁴⁾ Während bei Betrieben mit künstlicher Fließfertigung an sich eine verhältnismäßig große Variierbarkeit hinsichtlich der Aufeinanderfolge der Operationen besteht und für eine Fließfertigung "künstlich die Reihenfolge der Arbeitsgänge festgelegt" werden muß,⁵⁾ bauen in Betrieben mit natürlicher Fließ-

1) Begriffe nach Schäfer, E.: Produktionswirtschaft und Absatzwirtschaft, a.a.O., S. 543

2) Vgl. S. 72

3) Vgl. hierzu: Wallichs, A.: Fließarbeit ..., a.a.O., S. 11; Isaac, A.: Alte und neue ..., a.a.O., S. 696; Heber, A.: a.a.O., S. 11; Mellerowicz, K.: Betriebswirtschaftslehre ..., a.a.O., S. 107

4) Vgl. Carnap, G.: a.a.O., S. 124

5) Riebel, P.: Mechanisch-technologische ..., a.a.O., S. 424

fertigung die einzelnen Vorgänge systematisch aufeinander auf, so daß die Reihenfolge der Fertigungsoperationen sich nahezu von selbst ergibt.¹⁾

Diese Eigenart führt zu einem weiteren Unterschied zwischen diesen beiden Grundformen. Die künstliche Fließfertigung unterscheidet sich dadurch von der natürlichen, daß die Produktionsaufgaben grundsätzlich sowohl technisch als auch wirtschaftlich in einem anderen Fertigungssystem bewältigt werden können.²⁾ Es besteht also eine Wahlmöglichkeit, während die natürliche grundsätzlich nicht auf Grund einer freien Entscheidung und aus Zweckmäßigkeitsgründen zustande kommt, sondern sich fast zwangsläufig ergibt.³⁾

Der Begriff natürliche Fließfertigung bedeutet nicht, daß dieses Fertigungssystem bei Aufnahme der Fertigung eines Produktes von Anfang an angewendet wird, sondern er besagt, daß in bestimmten Industriezweigen auf Grund von Eigenarten des Fertigungsablaufs und der Produkte eine "natürliche" Tendenz zur Fließfertigung besteht.⁴⁾ Zur Gruppe der natürlichen Fließfertigung zählen z.B. Brauereien, Getreidemühlen, Papierfabriken, Zuckerraffinerien, Gaswerke, Zementwerke, Walzwerke, die Erzeugung von Sauerstoff, Ammoniak, Schwefelsäure.⁵⁾

1) Vgl. Carnap, G.: a.a.O., S. 124; Ellinger, Th.: a.a.O., S. 64

2) Vgl. Kölbel, H./Schulze, J.: Die Abgrenzung ..., a.a.O., S. 155

3) Vgl. Jehle, R.: Die organisatorischen Probleme der Zwangslauffertigung. In: Die Brauerei, Jg. 10 (1959), S. 34. Das Fehlen einer Wahlmöglichkeit wird auch betont bei Schnettler, A.: Betriebsvergleich, a.a.O., S. 293 f.; vgl. a. Nowak, G.: a.a.O., S. 16

4) Vgl. Faensen, H./Hofmann, H.: a.a.O., S. 31; Köttgen, C.: Das fließende Band, a.a.O., S. 88

5) Vgl. a. Wallichs, A.: Fließarbeit und ihre Nutzbarmachung ..., a.a.O., S. 11; Isaac, A.: Alte ..., a.a.O., S. 696; Mellerowicz, K.: Allgemeine Betriebswirtschaftslehre, III. Bd., 12. Aufl. Berlin 1967, S. 84

II. Die Gründe einer natürlich bedingten oder künstlich herbeigeführten Fließfertigung

1. Ablaufbedingte Gründe

Bei natürlicher Fließfertigung schreibt die bereits erörterte "Eigengesetzlichkeit des Produktionsablaufs" eine bestimmte Reihenfolge der Bearbeitungsvorgänge vor. Eine vorgegebene Arbeitsfolge führt aber zu einer zwangsläufigen Anordnung der Produktionsmittel.¹⁾ "Der durch das Verfahren festgelegte unabänderliche Zwang zur Ausführung in einer bestimmten Reihenfolge ist durch die chemischen Umwandlungsprozessen zugrunde liegenden Naturgesetze bedingt."²⁾ Denn chemische Reaktionen laufen, wenn die erforderlichen Bedingungen hergestellt sind, von selbst ab, wie von einer inneren Kraft getrieben. Diese inneren Kräfte des chemischen Prozesses drängen von Natur aus zu einer Fließfertigung.³⁾ "Der Gesamtprozeß erscheint ... als ein einheitliches Ganzes sich gegenseitig bedingender und ergänzender Teilphasen ohne Veränderungsmöglichkeiten."⁴⁾

Derartige naturgesetzliche Bindungen bestehen bei Betrieben mit künstlicher Fließfertigung nicht, da hier nur mehrere, meist voneinander unabhängige und rein äußerliche Veränderungen vorgenommen werden, ohne daß dabei, wie in Betrieben mit natürlicher Fließfertigung, bei jedem Fertigungsvorgang vollkommen neue Ausgangsbedingungen für die nächsten Verfahrensschritte geschaffen werden.⁵⁾ Wäh-

-
- 1) Vgl. Mellerowicz, K.: Betriebswirtschaftslehre ..., a.a.O., S. 107 f.
 - 2) Carnap, G.: a.a.O., S. 124; vgl. a. Berkenkopf, P.: Deutsche Industrierwirtschaft, Leipzig 1933, S. 29; Shubin, H./Madeheim, J.: a.a.O., S. 119; Die natürliche Fließfertigung wird daher vielfach auch als "Verfahrenstechnische Fließfertigung" bezeichnet. Vgl. z.B. Pentzlin, K.: Arbeiterationalisierung, a.a.O., S. 96 f.; Beste, Th.: Fertigungsverfahren, a.a.O., Sp. 1773; Hilf, H.: a.a.O., S. 192
 - 3) Vgl. Ribbel, P.: Mechanisch-technologische..., a.a.O., S. 424
 - 4) Jehle, R.: a.a.O., S. 34
 - 5) Vgl. Carnap, G.: a.a.O., S. 125; vgl. a. Sauer, K.: a.a.O., S. 15

rend es sich im einen Fall also mehr um Einzelbearbeitungen handelt, die deutlich voneinander unterschieden werden können,¹⁾ ist im anderen Fall eine scharfe Trennung der einzelnen Vorgänge oft nicht möglich.²⁾ Diese Eigen- gesetzlichkeit gilt im übrigen nicht nur für chemische sondern auch für physikalische Vorgänge.³⁾ Die Bindung an die Naturgesetze ist allerdings in diesen Fällen geringer als bei chemischen Abläufen.⁴⁾ Häufig wird eine zwangs- läufig direkte Aufeinanderfolge der einzelnen Ferti- gungsvorgänge "durch die in der Verfahrenstechnik sehr häufige Erweiterung des einfachen geraden Stoffdurchgangs um Gegenstromführungen und den Kreislaufbetrieb sowohl bei den Stoff- als auch bei den Wärmeströmen sehr begün- stigt."⁵⁾ Dies ist allerdings nur bei kontinuierlich ar- beitenden Apparaten möglich. Bei bestimmten Verhältnis- sen - so wenn eine Reaktion zu langsam abläuft - läßt man die den einzelnen chemischen Reaktionen eigenen Gleichge- wichtszustände nicht voll zur Auswirkung kommen, so daß an manchen Stellen des Ablaufs ein Gemisch von Reaktions- und Ausgangsprodukt weitergegeben wird.⁶⁾ "Beide Produkte werden dann getrennt, das Reaktionsprodukt geht in die Weiterverarbeitung, während das nicht umgesetzte Ausgangs- produkt mit frischer Ausgangssubstanz im Kreislauf zwecks erneuter Umsetzung in die Apparatur zurückkehrt."⁷⁾

1) Vgl. Evers, H.: Verfahrensplanung unter Berücksichti- gung eines günstigen Materialflusses. In: Fördern und Heben, 10. Jg. (1960), S. 303 - 306, S. 303

2) Vgl. Carnap, G.: a.a.O., S. 126

3) Vgl. Riebel, P./Kusnierz-Glaz, R.: Chemische Industrie ..., a.a.O., S. 111 f.

4) Vgl. Riebel, P./Kusnierz-Glaz, R.: Chemische Industrie ..., a.a.O., S. 111 f.

5) Kölbel, H./Schulze, J.: Die Abgrenzung ..., a.a.O., S. 155

6) Vgl. Carnap, G.: a.a.O., S. 129

7) Weblus, B.: a.a.O., S. 115

Während bei Betrieben mit natürlicher Fließfertigung die Abläufe auf Grund innerer Kräfte unter dem Einfluß von Temperatur, Druck usw. vor sich gehen,¹⁾ laufen Fertigungsvorgänge bei künstlicher Fließfertigung auf Grund äußerer Krafteinwirkungen ab, wobei jene Größen kaum eine Rolle spielen.²⁾

In vielen Fällen wird die natürliche Tendenz zur Fließfertigung noch durch die Art der Fertigungsvorgänge verstärkt. Und zwar können wir bei Apparaturen mit kontinuierlich arbeitenden Produktionsmitteln von "Fließprozessen" sprechen.³⁾ Man versteht darunter Prozesse, die gleichzeitig mit dem stetigen Durchlauf durch eine Fertigungsstelle ausgeführt werden, ohne daß das Produkt angehalten werden muß.⁴⁾ "In continuous process industries where operation follows on operation without interruption ... it is apparent that the processes and their sequence by their very nature almost dictate the layout."⁵⁾ Im anderen Fall besteht der Ablauf dagegen aus einer Aufeinanderfolge von "Stückprozessen" (Taktprozessen), hier wird der Fertigungsvorgang am stillstehenden, ruhenden Werkstück ausgeführt, es wird also auf seinem Fertigungsweg immer wieder angehalten.⁶⁾ Eine Aufeinanderfolge von Fließprozessen führt von vornherein zu einer Fließfertigung, während diese Tendenz bei Abläufen mit Stückprozessen nicht gegeben ist.

1) Vgl. Pentzlin, K.: Arbeitsrationalisierung, a.a.O. S.97

2) Vgl. Dolezalek, C.M.: Meßgröße und Wirkungsablauf in der Fertigungstechnik. In: Werkstattstechnik, 50. Jg. (1960), S. 525 - 531, S. 526

3) Der Begriff wurde von C.M. Dolezalek geprägt, vgl. Dolezalek, C.M.: Grundlagen und Grenzen der Automatisierung. In: VDI-Zeitschrift, 98. Jg. (1956), S. 564 - 569, S. 564

4) Vgl. Dolezalek, C.M.: Probleme der Automatisierung ..., a.a.O., S. 35. Von Gottl-Ottlilienfeld spricht hier von "endlosen Prozessen", vgl. von Gottl-Ottlilienfeld, F.: Wirtschaft und Technik, a.a.O., S. 77 f.

5) Alford, L.P./Bangs, J.R.: Production Handbook, New-York 1953, S. 734

6) Auch der Begriff "Stückprozeß" wurde von Dolezalek geprägt, vgl. Dolezalek, C.M.: Probleme der Automatisierung ..., a.a.O., S. 35; siehe auch Riebel, P.: Industrielle ..., a.a.O., S. 53

2. Produktbedingte Gründe

Die natürliche Fließfertigung kann sich aber auch aus den Eigenarten des herzustellenden Produkts ergeben. Wir können analog zu der bereits getroffenen Unterscheidung bei den Fertigungsprozessen von "Fließgütern" und "Stückgütern" sprechen.¹⁾

Fließgüter "zeichnen sich im allgemeinen dadurch aus, daß sie keine festen Formen haben."²⁾ Dazu gehören flüssige, gas- und staubförmige, pulverige und körnige Materialien, die als ungeformte Fließ- oder Schüttgüter bezeichnet werden. Bei Gütern wie Draht, Schienen, Röhren, Blechen, Geweben etc. "ist die Form des Erzeugnisses nur nach zwei Dimensionen festgelegt, während die dritte Dimension, die Länge, grundsätzlich beliebig dosierbar ist."³⁾ Sie werden daher als geformte Fließgüter bezeichnet, die sich alle besonders gut in einer bestimmten Richtung fortbewegen lassen. Sie führen meist zwingend zu einer Fließfertigung.⁴⁾ Stückgüter sind Erzeugnisse, die bestimmte ausgeprägte Formen aufweisen und in allen drei Dimensionen begrenzte Abmessungen haben. Bei Produktion dieser Güter sind besondere Maßnahmen erforderlich, um zu einer Fließfertigung zu gelangen.⁵⁾

-
- 1) Ellinger spricht hier von der "morphologischen Grundstruktur" der verschiedenen Produkte. Vgl. Ellinger, Th.: Die Informationsfunktion des Produktes. In: Produktionstheorie und Produktionsplanung. Karl Hax zum 65. Geburtstag, Köln und Opladen 1966, S. 253 - 336, S. 285 f.
 - 2) Dolezalek, C.M.: Quellen der Produktion. In: Werstattstechnik, 50. Jg. (1960), S. 244 - 246, S. 245
 - 3) Riebel, P.: Industrielle ..., a.a.O., S. 53; vgl. a. Gutenberg, E.: a.a.O., S. 105 f.
 - 4) Vgl. Dolezalek, C.M.: Probleme der Automatisierung ..., a.a.O., S. 35. Diese Güter werden auch als "Durchlaufgüter" bezeichnet. Vgl. Hornauer, W.: a.a.O., S. 13
 - 5) Vgl. Dolezalek, C.M.: Probleme der Automatisierung ..., a.a.O., S. 35. Vgl. zu dieser Unterscheidung außerdem: Schäfer, E.: Die Massenfertigung ..., a.a.O., S. 671; derselbe: Absatzwirtschaft, a.a.O., S. 290; Riebel, P.: Industrielle ..., a.a.O., S. 48 ff.; Opitz, H.: Technische ..., a.a.O., S. 20 f.

Fließgüter sind meist schlichte und gleichförmige Produkte,¹⁾ sie stellen homogene Massen dar,²⁾ während Stückgüter in ihrer Form sehr komplizierte Produkte darstellen. Wenn es sich um zusammengesetzte Erzeugnisse handelt, können sie aus sehr heterogenen Einzelteilen bestehen.³⁾

Wenn wir die Mengen betrachten, die an sich von einem bestimmten Produkt gefertigt werden, so können wir natürliche und künstliche Massenprodukte unterscheiden.⁴⁾ Natürliche Massenprodukte werden von jeher in großem Umfang hergestellt,⁵⁾ während künstliche Massenprodukte erst durch bestimmte Maßnahmen dazu gemacht werden.⁶⁾ Dies ist vor allem darauf zurückzuführen, daß bedingt durch die unterschiedliche äußere Gestalt der Erzeugnisse natürliche Massengüter nicht in so unzählig vielen Formen auftreten wie künstliche Massengüter.⁷⁾

Wir wollen abschließend die Gegebenheiten des Fertigungsablaufs und des Produkts, die zu einer natürlichen Fließfertigung führen, in einer Übersicht zusammenfassen und ihnen jene gegenüberstellen, die in Betrieben mit künstlicher Fließfertigung auftreten.

-
- 1) Vgl. von Gottl-Ottlilienfeld, F.: Vom Sinn ..., a.a.O., S. 24
 - 2) Vgl. Pentzlin, K.: Arbeitsrationalisierung, a.a.O., S. 97
 - 3) Vgl. Heber, A.: a.a.O., S. 11
 - 4) Vgl. Schäfer, E.: Betriebswirtschaftliche Marktforschung, a.a.O., S. 79; derselbe: Die Massenfertigung, a.a.O., S. 671
 - 5) Vgl. Hennig, K.W.: Betriebswirtschaftslehre der Industrie, Berlin 1928, S. 105
 - 6) In diesem Sinn spricht von Gottl-Ottlilienfeld von "natürlicher" und "künstlicher" Eintypindustrie. Vgl. von Gottl-Ottlilienfeld, F.: Vom Sinn ..., a.a.O., S. 24 ff.; siehe auch Kuhnert, H.: a.a.O., S. 22 ff. Hier spielt das "Prinzip der Vervielfältigung - im Gegensatz zu den künstlichen Massenprodukten - keine Rolle." Vgl. dazu Schäfer, E.: Die Massenfertigung ..., a.a.O., S. 671
 - 7) Vgl. Dolezalek, G.M.: Meßgröße ..., a.a.O., S. 526

Eigenschaften	bei natürlich bedingter Fließfertigung	bei künstlich herbeigeführter Fließfertigung
des Fertigungsablaufs	eigengesetzlicher Ablauf	kein eigengesetzlicher Ablauf
	Einwirken innerer Kräfte	Einwirken äußerer Kräfte
	Fließprozesse	Stückprozesse
des Produkts	Fließgüter	Stückgüter
	natürliches Massenprodukt	künstliches Massenprodukt

Übersicht 3

Wenn wir nun die Betriebe betrachten, in denen das Prinzip der Fließfertigung verwirklicht ist, können wir feststellen, daß eine natürliche Fließfertigung vor allem in Betrieben mit chemischer Technologie auftritt, besonders dort, wo kontinuierlich arbeitende Apparaturen vorhanden sind. Sie begegnet uns aber auch bei chemischer Technologie und chargenweise betriebenen Anlagen. Eine künstliche Fließfertigung ist vor allem bei Betrieben mit mechanischer Technologie zu finden, in denen einfache oder zusammengesetzte Stückerzeugnisse hergestellt werden.¹⁾ Es gibt aber auch in Betrieben mit vorherrschend chemischer Technologie Beispiele, bei denen erst seit neuerer Zeit eine Fließfertigung eingeführt wurde, während vorher nach dem Prinzip der Werkstattfertigung gearbeitet wurde.²⁾

III. Voraussetzungen der künstlich herbeigeführten und natürlich bedingten Fließfertigung

Mit Hilfe der Unterscheidung in natürlich bedingte und künstlich herbeigeführte Fließfertigung lassen sich ver-

1) Vgl. Riebel, P.: Mechanisch-technologische ..., a.a.O., S. 421

2) Vgl. Kölbel, H./Schulze, J.: Die Abgrenzung ..., a.a.O., S. 155; Hennig, K.W.: Betriebswirtschaftslehre ..., a.a.O., S. 48

schiedene ökonomisch relevante Fragen differenzierend erörtern, wie z.B. die Frage nach den Voraussetzungen, die bei Einführung einer Fließfertigung gegeben sein müssen. Wir können dabei Voraussetzungen unterscheiden, die vom Markt, vom Produkt und vom Betrieb zu erfüllen sind.¹⁾

1. Voraussetzungen der künstlich herbeigeführten Fließfertigung

a) Voraussetzungen, die vom Absatzmarkt zu erfüllen sind

Erste und wesentlichste Voraussetzung der Fließfertigung ist eine Produktion größerer Mengen von Erzeugnissen für einen längeren Zeitraum.²⁾ Darüber hinaus sollte auch eine in etwa gleichmäßige Verteilung über das ganze Jahr hinaus gegeben sein.³⁾ Die Höhe der jeweils erforderlichen Menge wird in den einzelnen Zweigen je nach den spezifischen Verhältnissen unterschiedlich sein. Die Mindestmenge, die erforderlich ist, wird auch als "kritische

1) In Anlehnung an Sokol, G.: a.a.O., S. 981. Andere Einteilungen finden sich z.B. bei Pentzlin, K.: Fließarbeit. In: Hütte, Taschenbuch für Betriebsingenieure, Bd. II, 5. Aufl., Berlin 1957, S. 585 - 593, S. 585; Mellerowicz, K.: Betriebswirtschaftslehre ..., a.a.O., S. 109; Heber, A.: a.a.O., S. 11; Lepsius, M.: Elektrotechnische Industrie. In: Aspekte der Automation. Basel-Tübingen 1960, S. 3 - 40, S. 29 ff.

Von den Voraussetzungen sind die Vorarbeiten zu trennen, die bei der Einführung der Fließfertigung notwendig sind, wie Marktanalyse, Marktbeobachtung, Absatz- und Fertigungsplanung usw. Vgl. dazu: Carnap, G.: a.a.O., S. 69 ff.; Nowak, G.: a.a.O., S. 42 ff.; Sieber, E.H.: Forschungs- und Entwicklungskosten, insbesondere ihre Behandlung in Erfolgsrechnung und Kalkulation. In: Festgabe für Alexander Hoffmann, Darmstadt und Leipzig 1939, S. 1 - 32, S. 10 f.; Pristl, F.: Arbeitsplanung bei Serien- und Massenfertigung. In: Werkstatt und Betrieb, 81. Jg. (1948), S. 205 - 210, S. 205 f.

2) Vgl. Mellerowicz, K.: Betriebswirtschaftslehre ..., a.a.O., S. 108. Die Produktion größerer Mengen wird von vielen Autoren als wesentlichste Voraussetzung genannt. Vgl. z.B. Isaac, A.: Fließfertigung. In: HdB, 3. Aufl., Bd. II, Sp. 1971 - 1975, Sp. 1973; Kalveram, W.: a.a.O., S. 35

3) Vgl. Pentzlin, K.: Fließarbeit, a.a.O., S. 585; Sokol, G.: a.a.O., S. 981; Buser, P.: a.a.O., S. 54

Menge" bezeichnet.¹⁾ Sie hängt ab von der Stärke der Arbeitszerlegung, denn je weiter sie getrieben wird, desto größer ist die Leistungskapazität und desto größere Mengen sind für eine ausreichende Beschäftigung erforderlich.²⁾ Außerdem ist entscheidend, ob der Mensch oder das Produktionsmittel Träger der Fertigung ist. Bei Handarbeitsreihen liegt die kritische Menge niedriger als bei maschinellen Fertigungsreihen.³⁾

Eine allgemein gültige Zahl läßt sich aber nicht feststellen, sie muß für jeden Fall entsprechend der spezifischen Verhältnisse ermittelt werden.⁴⁾

Neben einer kritischen Menge könnte man auch von einem "kritischen Zeitraum", für den eine gleichbleibende Produktion mindestens gegeben sein muß, sprechen. Er richtet sich nach dem Grad der Mechanisierung der Fließfertigung. Je weiter die Mechanisierung getrieben ist, um so starrer ist der gesamte Apparat, um so größer muß daher auch der Zeitraum sein, in dem ein großer, möglichst gleichmäßiger Absatz erzielt werden kann, um die technischen Kapazitäten auszulasten."⁵⁾

Die Herstellung von Stückgütern erfolgt im allgemeinen nicht von vornherein in solchen Mengen, die eine Fließfertigung ökonomisch zweckmäßig machen, daher sind bestimmte organisatorische Maßnahmen erforderlich, um zu größeren Mengen zu gelangen. Diese Maßnahmen können produktions- oder -absatzwirtschaftlicher Art sein. Betrachten wir zunächst die produktionswirtschaftlichen Maßnahmen. "Zu ausreichenden Leistungsmengen kann man kommen durch eine Begrenzung, Vereinfachung und Vereinheit-

1) Man spricht in der amerikanischen Literatur vom "break-even-volume". Vgl. z.B. Buffa, E.S.: a.a.O., S. 407

2) Vgl. Böhrs, H.: Organisation ..., a.a.O., S. 186 f.

3) Vgl. Buser, P.: a.a.O., S. 58

4) Vgl. Buffa, E.S.: a.a.O., S. 407

5) Nowak, G.: a.a.O., S. 41. So wird z.B. für Transferstraßen eine gleichbleibende Fertigung ohne Änderungen des Produkts über einen Zeitraum von mindestens drei Jahren gefordert. Vgl. Hake, O./Wolff, H.H.: Die Automatisierung in der mechanischen Fertigung. In: Industrielle Automatisierung, 1. Jg. (1956), Heft 2, S. 14 - 15, S. 15

lichung von Baumustern und Bauteilen. Derartige Maßnahmen bezeichnet man mit den Begriffen Spezialisierung, Typenbeschränkung und Normung."¹⁾

In diesem Zusammenhang kommt aus den vielfältigen Möglichkeiten der Normung, z.B. von Größen, Lieferbedingungen, Gütevorschriften, nur die Vereinheitlichung von Einzelteilen in Betracht.²⁾ Durch die Normung werden die Teile hinsichtlich ihrer Abmessungen, Beschaffenheit, Festigkeit oder Ausstattung etc. einheitlich festgelegt.³⁾

Die Typenbeschränkung (Typisierung) ist eine Beschränkung der Ausführungsarten von zusammengesetzten Erzeugnissen nach Formen und Größen etc.⁴⁾ Je weitgehender nun eine Typisierung durchgeführt werden kann, um so größere Mengen gleichartiger Erzeugnisse können bei unveränderter Zahl der Produktarten hergestellt werden.⁵⁾

Der nächste Schritt besteht darin, die Bauelemente nicht nur fertigungstechnisch zu vereinheitlichen, sondern auch konstruktionstechnisch so zu gestalten, daß sie bei gleichartiger Funktion für verschiedene Erzeugnisse verwendet werden können.⁶⁾ Dieses Prinzip wird auch als Anwendung des Baukastensystems bezeichnet.⁷⁾ Es "ist ein

1) Carnap, G.: a.a.O., S. 73

2) Vgl. Meyer, G.: Die Auftragsgröße in Produktions- und Absatzwirtschaft, Leipzig 1941, S. 80 f.

3) Vgl. Huber, K.: a.a.O., S. 68; siehe auch Hack, E.: Die Normung und Typisierung industrieller Erzeugnisse, Diss., Nürnberg, S. 6 ff.

4) Vgl. Schmidbauer-Juraschek, B.: Typenbeschränkung - Möglichkeiten und Grenzen für den Industriebetrieb, Bern 1963, S. 10; Meyer, G.: a.a.O., S. 81

5) Vgl. Meyer, W.: Das optimale Produktionsprogramm, Diss., Köln 1959, S. 74

6) Vgl. Kohlitz, A.: Vereinheitlichung durch Typenbeschränkung und Normung aus der Sicht des Praktikers. In: Beste, Th./Kohlitz, A.: Grundlagen der Typenbeschränkung und Normung, Dortmund 1956, S. 33 - 66, S. 62

7) Vgl. Schäfer, E.: Die Massenfertigung ..., a.a.O., S. 672; Ohse, H.: a.a.O., S. 584 ff.; Schmidbauer-Juraschek, E.: a.a.O., S. 28; Pedell, K.L.: Elektronische Informationsverarbeitung und Fertigungssteuerung, München - Wien 1965, S. 55 ff.; Haußmann, U.: Stücklisten-Aufbau, Baukastensystem und optimales Montageprogramm. In: Industrielle Organisation, 34. Jg. (1965), S. 353 - 363, S. 357 ff.

Ordnungsprinzip, das den Aufbau einer begrenzten oder unbegrenzten Zahl verschiedener Dinge aus einer Sammlung genormter Bausteine auf Grund eines Programmes oder Baumusterplanes in einem bestimmten Anwendungsbereich darstellt."¹⁾

Wenn diese Maßnahmen allein noch nicht ausreichen, so ist eine weitere Erhöhung der Leistungsmenge nur durch eine verringerte Erzeugniszahl zu erreichen. In diesem Fall verzichtet das Unternehmen auf die Vielfalt und einen häufigeren Wechsel der Produkte, es spezialisiert sich auf eine geringere Zahl von Erzeugnisarten.²⁾ Diese verschiedenen Maßnahmen können je nach Wahl zur Einführung einer Fließfertigung in der Teilefertigung, Montage oder in beiden Abschnitten führen.

Läßt sich keine dieser Möglichkeiten anwenden "und ist daher eine direkte Stückzahlvergrößerung nicht möglich, so bietet sich in der Teilefamilienfertigung ein Weg zu einer indirekten Stückzahlerhöhung."³⁾ Dabei wird eine bestimmte Anzahl von Teilen nach Bearbeitungsmerkmalen klassifiziert und nach der Ähnlichkeit in Abmessung, Form und Verfahrensfolge in Gruppen zusammengefaßt. Aus dieser Gruppe wird ein Einzelteil ausgewählt, und nach ihm der technologische Ablauf bestimmt.⁴⁾ Diese zu einer Gruppe zusammengefaßten ähnlichen Teile werden als "Teilefamilie" bezeichnet.⁵⁾

Mit Hilfe dieser Methode kann die Zahl der Produkte, die

1) Borowski, K.H.: Das Baukastensystem in der Technik, Berlin - Göttingen - Heidelberg 1961, S. 18. Diese Maßnahmen haben an sich aber nur Bedeutung bei metall- und teilweise auch bei holzverarbeitenden Industriebetrieben. Vgl. Schäfer, E.: Die Massenfertigung ..., a.a.O., S. 672

2) Schäfer, E.: Die Massenfertigung ..., a.a.O., S. 672

3) Dolezalek, C.M./Ropohl, G.: Die flexible Fertigungsline und ihre Bedeutung für die Automatisierung der Serienfertigung. In: VDI-Zeitschrift, 108. Jg. (1966), S. 1261 - 1268, S. 1263

4) Vgl. Merbach, H.: a.a.O., S. 48. Diese Methode wird auch als Gruppenbearbeitung oder Metrofanow-Methode bezeichnet. Vgl. besonders Mitrofanow, S.: Wissenschaftliche Grundlagen der Gruppentechnologie, Berlin 1960, S. 15 ff.

5) Vgl. Krippendorff, H.: Integrierter ..., a.a.O. S. 47

hinsichtlich ihres Ablaufs gleich oder ähnlich sind, erheblich vergrößert und so eine Fließfertigung erreicht werden.¹⁾ Es kann sich dabei um Teile handeln, die alle Fertigungsstellen in gleicher Weise durchlaufen oder die nur einen oder auch mehrere, aber nicht alle Fertigungsvorgänge gemeinsam haben und daher nur teilweise in einem Fertigungsstrang bearbeitet werden.²⁾

Neben diesen mehr produktionswirtschaftlichen Manipulationen wird man häufig zugleich auch absatzwirtschaftliche Maßnahmen ergreifen, um zu einer höheren Produktionsmenge je Erzeugnis zu gelangen, wie z.B. eine entsprechende Preispolitik, gezielte Werbemaßnahmen und ansprechende Produktgestaltung.³⁾ Die wichtigsten Möglichkeiten liegen dabei in einer entsprechenden Preispolitik und einer gezielten Werbung. "Durch Kostensenkung infolge des Übergangs zur Fließfertigung kann eine niedrigere Preisstellung möglich werden, die sich ... positiv auf die Absatzmenge auswirkt."⁴⁾ Mit Hilfe der Werbung ist es vielfach möglich, die Kaufinteressen auf ein bestimmtes Produkt zu lenken und so ebenfalls zu einer Erhöhung der Nachfrage für ein Erzeugnis beizutragen.⁵⁾ Bei Konsumgütern läßt

1) Vgl. dazu besonders Mitrofanow, S.: a.a.O., S. 403 ff.

2) Vgl. Mitrofanow, S.: a.a.O., S. 25 f.

Vgl. zur Teilefamilienfertigung ferner: Opitz, H.: Die Grundideen der Teilefamilienfertigung. In: Industrielle Organisation, 34. Jg. (1965), S. 270 - 281; Weide, E.: Ähnliche Teile in der Fertigung. In: Zeitschrift für wirtschaftliche Fertigung, 60. Jg. (1965), S. 39 - 44; Kirchner, E.: Teilefamilien-Fertigung, eine Organisationsform zur Erleichterung der Fertigung kleiner Stückzahlen. In: Werkstattstechnik, 55. Jg. (1965), S. 533 - 541; Opitz, H.: Teilefamilienfertigung. In: Zeitschrift für wirtschaftliche Fertigung, 62. Jg. (1967), S. 101 - 111; Hildenbrand, H.: Datenverarbeitung bei der Fließfertigung von Teilefamilien. In: Werkstattstechnik, 57. Jg. (1967), S. 114 - 120, S. 114 f.

3) Vgl. Nowak, G.: a.a.O., S. 40

4) Schwarz, H.: Grundfragen der Abstimmung von Materialbeschaffung, Fertigung und Vertrieb, Freiburg i. Br. 1959, S. 103

5) Vgl. Schmidbauer-Juraschek, B.: a.a.O., S. 68

sich unter bestimmten Bedingungen auch durch Schaffung eines Markenartikels eine größere Nachfrage für ein Produkt erreichen.¹⁾

b) Voraussetzungen, die vom Produkt zu erfüllen sind

Neben den Voraussetzungen, die vom Absatzmarkt erfüllt sein müssen, sind auch beim Produkt gewisse Bedingungen erforderlich. Eine wichtige, fast selbstverständliche Voraussetzung besteht darin, daß eine gewisse Anzahl von Fertigungsvorgängen an dem Produkt auszuführen ist.²⁾

"Obviously, no line can be set up where there is only one operation to be performed."³⁾

Die Erzeugnisse sollen grundsätzlich "fließfertigungsreif", "d.h. so weit entwickelt sein, daß sie nicht nach kurzer Zeit wieder völlig umzugestalten sind."⁴⁾ Wichtig ist daneben, daß die Konstruktionen bzw. Entwürfe auch "fließfertigungsgerecht" sind.⁵⁾ Es ist zweckmäßig, "daß sich die Teile gut formen und bearbeiten lassen, ... und daß sich die Teile leicht und dauerhaft zusammensetzen lassen, ferner ist eine möglichst weitgehende Unabhängigkeit der Funktion eines Gerätes von feinen Toleranzen, hochwertigen Werkstoffen und hoher Oberflächengüte anzustreben. Bearbeitete Flächen sind gut zugänglich zu halten, damit kräftige Werkzeuge angewandt und ohne Hindernisse gemessen und montiert werden kann."⁶⁾ Außerdem

1) Wir nennen als neueres Beispiel "Irisette" für Bettwäsche. Vgl. Rall, G.: Erste vollautomatische Transferstraße in der Textilindustrie, In: Rationalisierung, 13. Jg. (1962), S. 107 - 109, S. 108

2) Vgl. Stein, H.: a.a.O., S. 8

3) Muther, R.: Production-Line-Technique, a.a.O., S. 25

4) Hennig, K.W.: Betriebswirtschaftslehre ..., a.a.O., S. 58. Dies kann eine Konstruktions- oder Entwurfsreife sein, je nach Art des Produkts. Vgl. a. Ellinger, Th.: a.a.O., S. 75

5) Vgl. Hennig, K.W.: Betriebswirtschaftslehre ..., a.a.O., S. 52

6) Carnap, G.: a.a.O., S. 88

sollte ein Produkt so gestaltet sein, daß die Montage der einzelnen Teile in annähernd gleichen Zeiten vorgenommen werden kann, was als Prinzip einer "Gleichgewichtigkeit der Elemente" des Zusammenbaus bezeichnet wird.¹⁾

Besondere Anforderungen an die Konstruktion des Produkts werden bei Einführung einer automatisierten Fließfertigung gestellt.²⁾ So ist z.B. ein Produkt für die Bearbeitung auf einer Transferstraße geeignet, "wenn es a) eine Mindestanzahl von aufeinanderfolgenden Operationen erfordert, b) wenn keine oder wenige Außendreheroperationen vorkommen und c) wenn das Stück Formen aufweist, die entweder leichtes Verändern der Lage und Wiederfixieren durch Mechanismen zulassen oder die nur einmal fixiert und in dieser Lage fertig bearbeitet werden können".³⁾ Oft verlangt die Einführung einer automatisierten Fließfertigung eine Umkonstruktion von Teilen in ihrem Aufbau, ihrer Form usw.⁴⁾

Eine weitere Voraussetzung ist die Austauschbarkeit der Teile. Man versteht darunter die Tatsache, "daß verschiedene Ausführungen desselben Stückes hinsichtlich ihrer Masse so genau übereinstimmen, daß jedes Stück ohne weiteres an Stelle jedes anderen benutzt werden kann."⁵⁾

1) Vgl. Carnap, G.: a.a.O., S. 89

2) Vgl. dazu auch Bosch, H.J./Roschmann, K.: Automatisierung in der Fertigungstechnik - Wechselwirkungen zwischen Konstruktion und Fertigung. In: Werkstattstechnik, 55. Jg. (1965), S. 105 - 119, S. 105 f.

3) Hammer, M.: Europäische Automobilindustrie, a.a.O., S. 49. Für die Eignung zur Transferbearbeitung wurde das Wort "Transferfreudigkeit" geschaffen. Ein Werkstück ist also mehr oder weniger "transferfreudig", je nach Vorhandensein der aufgeführten Merkmale. Vgl. ebenda, S. 49; vgl. a. Steeger, A.: a.a.O., S. 126

4) Vgl. Lepsius, M.: a.a.O., S. 30. Das beste Beispiel ist die gedruckte Radioschaltung. Vgl. Diebold, J.: a.a.O., S. 58 ff.

5) Kienzle, O.: Voraussetzungen für den Austauschbau in der Fließarbeit. In: Fließarbeit. Beiträge ..., a.a.O., S. 70 - 81, S. 70. Dies wird im Amerikanischen als "interchangeability of component parts" bezeichnet, Vgl. Shubin, H./Madeheim, J.: a.a.O., S. 119; vgl. a. Hax, K.: Industriebetrieb, a.a.O., S. 250; Ellinger, Th.: a.a.O., S. 63

Dieses Prinzip, das besonders bei Montagearbeiten von Bedeutung ist, war in den Anfängen der Fließfertigung keineswegs selbstverständlich. In vielen Fällen konnte eine Fließfertigung nicht eingeführt werden, weil das Prinzip nicht bekannt bzw. nicht angewandt wurde, obwohl die marktlichen Voraussetzungen gegeben waren. Die Verwirklichung dieses Prinzips ist heute eigentlich selbstverständlich, so daß der Voraussetzung einer Austauschbarkeit der Teile keine besondere Bedeutung mehr zukommt.

c) Betriebliche Voraussetzungen.

Wir können in der Fertigung drei Faktoren unterscheiden: Werkstoff, Arbeitskräfte und Produktionsmittel,¹⁾ aus ihrem Zusammenwirken ergibt sich schließlich das Fertigungsergebnis. Das Zusammenwirken muß in besonders zweckmäßiger Weise erfolgen, so daß auch in organisatorischer Hinsicht einige Voraussetzungen erfüllt sein müssen.

Es muß zunächst sichergestellt sein, daß die Beschaffung und Lieferung der verwendeten Werkstoffe ständig und laufend erfolgen kann, da es sonst zu Verzögerungen in der Fertigung kommt.²⁾ Die Werkstoffe müssen ferner in einwandfreier und in sich gleichbleibender, homogener Qualität geliefert werden, da es sonst zu unerwünschten Unterbrechungen kommen kann.³⁾ Zwar gelten diese Voraussetzungen im Prinzip auch für andere Fertigungssysteme, sie sind aber bei der Fließfertigung besonders wichtig. Eine Fließfertigung mit vorwiegend manueller Tätigkeit erfordert "Arbeitskräfte, die geistig und körperlich geeignet sind, immer wiederkehrende, zwangsläufig gesteuerte .. Arbeitsgänge auszuführen"⁴⁾ Dies ändert sich bei Einführung

1) Vgl. Gutenberg, E.: a.a.O., S. 2 ff.

2) Vgl. Buser, P.: a.a.O., S. 54; Buffa, E.S.: a.a.O., S. 407

3) Vgl. Hennig, K.W.: Betriebswirtschaftslehre ..., a.a.O., S. 58

4) Sokol, G. Fließarbeit ..., a.a.O., S. 981; s.a. Hennig, H.W.: Betriebswirtschaftslehre ..., a.a.O., S. 57

einer automatisierten Fließfertigung, da hierdurch der Charakter der menschlichen Arbeit grundlegend verändert wird, und zwar erfolgt "eine Umstellung von motorischen oder manuellen Elementen auf intellektuelle oder verstandesmäßige Funktionen"¹⁾ Es werden daher Fachkräfte mit Spezialausbildung verlangt und hohe Anforderungen an das fachliche Niveau gestellt.²⁾

Von den Produktionsmitteln ist vor allem ein störungsfreier Ablauf zu fordern, da der Ausfall einer Maschine den Stillstand der ganzen Reihe bedeutet.³⁾ Hierbei können zwei Aspekte unterschieden werden: der eine betrifft das zuverlässige und genaue Arbeiten, der andere die Sicherheit im Ablauf,⁴⁾ d.h. die Toleranzen der Genauigkeit sollten möglichst lange eingehalten werden können und die Anfälligkeit gegenüber Störungen sollte gering sein.⁵⁾ Es sollten auch Maschinen gewählt werden, die in ihrer Fertigungsweise von voraussichtlich längerer Aktualität sind.⁶⁾

Die Fließfertigung verlangt einen Ablauf, bei dem die einzelnen Stationen in zweckmäßiger Weise aufeinander abgestimmt sind, was allgemein als Leistungsabstimmung bezeichnet wird. "Each work station must employ machines or equipment of approximately equal capacities in order to achieve a good equipment balance."⁷⁾ Dieses Angleichen

1) Hofmann, R.: a.a.O., S. 145

2) Vgl. Hennig, K.W.: Betriebswirtschaftslehre ..., a.a.O., S. 63

3) Vgl. Muther, R.: Fließende Fertigung, a.a.O., S. 142

4) Vgl. Schmidt, E.: a.a.O., S. 122 f.

5) Vgl. auch Preiffer, W.: a.a.O., S. 43

6) Vgl. Buser, P.: a.a.O., S. 54

7) Shubin, H./Madeheim, J.: a.a.O., S. 119

Vgl. zu den Problemen der Leistungsabstimmung vor allem: Lauke, H.L.: Die Leistungsabstimmung als wichtigste Aufgabe bei Einführung der Fließarbeit, München 1928, S. 23 ff. (bei manueller Arbeit) und S. 47 ff. (bei maschineller Fertigung). Diese Veröffentlichung zählt auch heute noch zu den Standardwerken über diese Fragen. Vgl. ferner: Nordsieck, F.: Rationalisierung ..., a.a.O., S. 171 ff.; Böhrs, H.: Organisation ..., a.a.O., S. 191 ff.; Muther, R.: Fließende Fertigung, a.a.O., S. 148 ff.; Faensen, H./Hoffmann, H.: a.a.O., S. 26. ff., 44.; Graf, O.: Arbeitsphysiologie, Wiesbaden 1960, S. 84 ff.

der Fertigungsdauer an den einzelnen Stellen bereitet vielfach außerordentlich große Schwierigkeiten. Sie wachsen mit der Intensität und Genauigkeit der Abstimmung. Hier liegt oft das Schwergewicht der technisch-organisatorischen Probleme bei Einführung der Fließfertigung. Sie erfordert einen beträchtlichen Organisationsaufwand und wird aus diesem Grund teilweise auch als organisatorische Fließfertigung bezeichnet.¹⁾ Die Abstimmung ist ohne große Schwierigkeiten bei Handarbeitsgängen durchzuführen, ungleich problematischer wird sie bei maschineller Fertigung. Man kann die Vorgänge zerlegen, zusammenfassen und parallel schalten, um eine Abstimmung zu erreichen. Oft wird man auch das Fertigungsverfahren ändern oder sogar das Produkt selbst konstruktiv anders gestalten, um so zu einer Angleichung der Zeiten zu gelangen.²⁾ Auch hier gilt, daß bei Einführung einer automatisierten Fließfertigung auf diesem Gebiet die größten Schwierigkeiten zu überwinden sind.³⁾

Fassen wir unsere Erörterungen zusammen, ergibt sich, daß die Einführung einer Fließfertigung in Zweigen, wo sie "von Hause aus" nicht besteht, mit erheblichen Schwierigkeiten verbunden ist. Immer sind besondere, bewußte Maßnahmen erforderlich, um die Einführung zu ermöglichen. So muß die erforderliche Menge für ein Produkt durch besondere produktions- und/oder absatzwirtschaftliche Manipulationen geschaffen werden, das Produkt muß in geeigneter Weise entsprechend den Erfordernissen der Fließfertigung konstruiert sein, und das Zusammenwirken der Träger der Fertigung muß ebenfalls durch organisatorische Maßnahmen so gestaltet werden, daß der Fertigungsablauf ohne Stauungen vor sich gehen kann.

1) Vgl. Mellerowicz, K.: Betriebswirtschaftslehre ..., a.a.O., S. 109

2) Vgl. Hennig, K.W.: Betriebswirtschaftslehre ..., a.a.O., S. 51

3) Vgl. Lepsius, R.: a.a.O., S. 29 f.; siehe auch Lüthi, H.: Der Einfluß der Automation auf die Absatzgestaltung der industriellen Unternehmung, Zürich 1958, S. 121

2. Voraussetzungen der natürlich bedingten Fließfertigung

a) Voraussetzungen, die vom Absatzmarkt zu erfüllen sind

Spezifische Voraussetzungen, die vom Absatzmarkt her gegeben sein müssen, entfallen in den meisten Fällen, da diese Erzeugnisse "natürliche Massenprodukte" darstellen.¹⁾

Auch die Stetigkeit der Nachfrage nach diesen Erzeugnissen ist im Prinzip von vornherein gegeben, da es sich um "lange Zeit hindurch handelsüblich bleibende Erzeugnisse" handelt,²⁾ die jahraus, jahrein in gleichbleibender Gestalt geliefert werden.³⁾

b) Voraussetzungen, die vom Produkt zu erfüllen sind

Auch vom Produkt her sind im wesentlichen keine besonderen Voraussetzungen erforderlich, da es sich nicht um gestaltete Produkte handelt. Die Reaktionsgeschwindigkeit kann jedoch eine erhebliche Rolle spielen, und zwar bei der Frage, ob ein stetiger oder rhythmisch intermittierender Ablauf gewählt werden soll. Bei Abläufen mit relativ geringen Reaktionsgeschwindigkeiten ist nur eine Apparatur mit chargenweise arbeitenden Produktionsmitteln möglich.⁴⁾ Für einen stetigen Ablauf sind Produkte erforderlich, die "charakterisiert sind durch eine Herstellung nach verhältnismäßig einfachen chemischen Reaktionsgleichungen in wenigen Fabrikationsstufen, und deren Enderzeugnisse Produkte von einfachem Molekülaufbau

1) Vgl. Schäfer, E.: Betriebswirtschaftliche Marktforschung, a.a.O., S. 79; siehe auch Lohmann, M.: Einführung in die Betriebswirtschaftslehre, 4. Aufl., Tübingen 1964, S. 266; Knott, G.: Normung und Typenbeschränkung als Grundlage der Rationalisierung und Automatisierung. In: Werkstattstechnik, 52. Jg. (1962), S. 111 - 114, S. 111

2) Schäfer, E.: Die Massenfertigung ..., a.a.O., S. 671

3) Vgl. Schäfer, E.: Absatzwirtschaft, a.a.O., S. 318

4) Vgl. Kölbel, H./Schulze, J.: Die Abgrenzung ..., a.a.O., S. 158; Riebel, P.: Industrielle ..., a.a.O., S. 104; Ost-Rassow: a.a.O., Bd. I, S. 66

sind (z.B. Ammoniak, Methanol, Vinylverbindungen). Für die Herstellung von ... Erzeugnissen mit kompliziertem Molekülaufbau (wie Farbstoffe und Pharmazeutika) wird aber die diskontinuierliche Arbeitsweise ... vorteilhafter sein."¹⁾

c) Betriebliche Voraussetzungen

Für eine Fließfertigung mit chargenweise arbeitenden Apparaten sind besondere Voraussetzungen weder von den Materialien, noch von den Arbeitskräften oder den Produktionsmitteln erforderlich. Dies ändert sich, wenn ein stetiger Ablauf erreicht werden soll. Zunächst müssen die Rohstoffe in einheitlicher und gleichbleibender Qualität beschafft werden können, da es sonst zu Produktionsstörungen kommt.²⁾ Auch an die Arbeitskräfte werden erhöhte Anforderungen gestellt. So wird mehr Verständnis und Erfahrung für die Produktionsvorgänge verlangt, so daß meist Facharbeiter eingesetzt werden müssen.³⁾ Vor allem aber sind Apparaturen zu konstruieren, welche für einen stetigen Ablauf geeignet sind. Wegen der besonderen Probleme, die bei einzelnen Fertigungsverfahren durch eine Kontinuierisierung auftreten, ist teilweise ein stetiger Ablauf nicht zu erreichen.⁴⁾

Ganz besondere Anforderungen werden an die Einsichten in die Gesetzmäßigkeiten des Ablaufs gestellt. Sie sind wesentlich höher als bei chargenweise arbeitenden Apparaturen.⁵⁾ Denn bereits eine geringe Abweichung von den vorgeschriebenen Verfahrensbedingungen innerhalb eines Abschnitts der Fertigung wirkt sich sehr schnell auf den gesamten Fertigungsablauf aus und führt leicht zu einer Fehlproduk-

1) Carnap, G.: a.a.O., S. 133

2) Vgl. Riebel, P./Kusnierz-Glaz, R.: a.a.O., S. 117

3) Vgl. Riebel, P.: Industrielle ..., a.a.O., S. 124

4) Vgl. Kölbel, H./Schulze, J.: Die Abgrenzung ..., a.a.O., S. 160; vgl. besonders Riebel, P./Kusnierz-Glaz, R.: a.a.O., S. 112

5) Vgl. Riebel, P.: Industrielle ..., a.a.O., S. 103

tion, deren Nachbesserung nur in Ausnahmefällen möglich ist.¹⁾ "Daher ist die Entwicklung von Verfahren zur raschen Produktionskontrolle eine wesentliche Voraussetzung für die kontinuierliche Produktion."²⁾ Bei chargenweise arbeitenden Apparaturen ist es auf Grund der scharfen Trennung der aufeinanderfolgenden Verfahrensstufen möglich, Abweichungen in den Verfahrensbedingungen zu korrigieren und Fehlfabrikate nachzubessern.³⁾

Bei kontinuierlich arbeitenden Apparaturen müssen die einzelnen Fertigungsvorgänge sehr genau aufeinander abgestimmt sein. Während unterschiedliche Produktionsgeschwindigkeiten bei chargenweise arbeitenden Apparaturen zu einer mehr oder weniger langen "Verweilzeit" der Anlage führen, "muß bei kontinuierlichen Verfahren die Länge des Stoffweges (des Reaktionsrohrs usw.) und damit die Dimension der Produktionsapparatur auf die Produktionsgeschwindigkeit bzw. deren Reziprokwert, die Durchlaufdauer abgestimmt werden."⁴⁾ Es sind also auch bei der natürlichen Fließfertigung organisatorische Maßnahmen erforderlich, die bei kontinuierlich arbeitenden Apparaturen umfangreicher sind als bei chargenweise arbeitenden Anlagen. Sie treten aber in ihrem Umfang erheblich zurück gegenüber denen bei künstlicher Fließfertigung.⁵⁾

B) Erscheinungsformen der künstlich herbeigeführten Fließfertigung

I. Vorbemerkung

Wir haben zu Beginn unserer Arbeit Fertigungssysteme mit und ohne Fortschreiten des Produkts unterschieden. Wir haben der ersten Gruppe besondere Aufmerksamkeit geschenkt

1) Vgl. Riebel, P.: Industrielle ..., a.a.O., S. 105

2) Ebenda, S. 106

3) Vgl. ebenda, S. 106, s.a. Jähne, F.: a.a.O., S.72 f.

4) Riebel, P.: Industrielle..., a.a.O., S. 101

5) Vgl. Nowak, G.: a.a.O., S. 8

und versucht, die Prinzipien der Werkstatt- und Fließfertigung deutlich zu machen. "Sowohl der reine Typ der Fließproduktion wie der reine Typ der Werkstattproduktion sind extreme Formen der Produktionsorganisation."¹⁾ Zwischen diesen beiden Polen liegt nun eine ganze Anzahl von Fertigungssystemen, die vor allem eine Kombination dieser beiden Prinzipien darstellen, wobei deren spezifische Besonderheiten in jeweils unterschiedlicher Intensität vorhanden sein können.²⁾

Die Übergangs- und Kombinationsformen sind oft nur schwer erkennbar und nicht leicht zu bestimmen. Wir werden aber mit Hilfe der erörterten Merkmale die einzelnen Erscheinungsformen näher kennzeichnen können. Hierbei ergibt sich die Frage, nach welchem Gesichtspunkt die Einteilung der verschiedenen Erscheinungsformen in Gruppen erfolgen soll. Wir haben das Prinzip der Fließfertigung dadurch gekennzeichnet, daß die Produktionsmittel in der Reihenfolge der Fertigungsvorgänge des herzustellenden Produkts angeordnet sind. So ist es naheliegend, daß die Einteilung in Gruppen ebenfalls unter einem räumlichen Gesichtspunkt vorgenommen wird. Wir haben bei der Behandlung des Merkmals der räumlichen Bindung des Ablaufs fünf verschiedene Arten der Bindung festgestellt, die gleichzeitig auch fünf verschiedene Grade der Intensität der räumlichen Bindung darstellen. Wir wollen diesen Gesichtspunkt unserer Einteilung zugrundelegen, so daß wir auch fünf verschiedene Erscheinungsformen der Fließfertigung erhalten.

Da zu ihrer Charakterisierung mehrere Merkmale erforderlich sind, tritt das Problem der Bedeutung der verschiedenen Merkmale auf.³⁾ Wir wollen die Erscheinungsformen zunächst mit Hilfe der Merkmale des Ablaufs charakterisieren,

1) Mellerowicz, K.: Betriebswirtschaftslehre ..., a.a.O., S. 133; vgl. a. Sokol, G.: a.a.O., S. 978

2) Vgl. Muther, R.: Practical Plant Layout, a.a.O., S.16 f.

3) Vgl. hierzu: Eisfeld, C.: Zur Lehre von der Gestaltung der Unternehmung. In: ZfhF N.F., 3.Jg. (1951), S. 289 - 320, 337 - 353, S. 304; siehe auch Knoblich, H.: Die Typologie der Waren als Kernstück einer wirtschaftlichen Warenlehre. In: ZfbF N.F., 17. Jg. (1965), S. 686 - 712, S. 699

um ein mehr allgemeines und grundsätzliches Bild zu erhalten. Mit Hilfe der Merkmale der Träger der Fertigung lassen sich dann die einzelnen konkreten Beispiele für die verschiedenen Erscheinungsformen noch näher bestimmen, wir erhalten dann spezielle Erscheinungsformen, die anschaulicher sind. Je nach dem Zweck, den wir mit der Charakterisierung erreichen wollen, werden wir also die zweite Gruppe von Merkmalen mehr oder weniger stark zur Kennzeichnung heranziehen.

Bevor wir uns den Erscheinungsformen der Fließfertigung zuwenden, wollen wir die "vollkommenen" Erscheinungsformen der Werkstatt- und der Fließfertigung gegenüberstellen und ihren Fertigungsablauf mit Hilfe unserer Merkmale charakterisieren, um dann später die Mischformen der Fertigungsanordnungen deutlicher unterscheiden zu können.

Das Prinzip der Werkstattfertigung besteht in der räumlichen Konzentration von Maschinen gleichen Verfahrens, während bei der Fließfertigung die Produktionsmittel in der Reihenfolge der Fertigungsvorgänge des herzustellenden Produkts angeordnet sind.

Betrachten wir zunächst die Unterschiede hinsichtlich des räumlichen Ablaufs. Bei der Werkstattfertigung besteht eine ungebundene Fertigungsfolge ohne Bindung der Verfahrensfolge und ohne Verknüpfung, daher hängen die einzelnen Produktionsmittel nicht zwangsläufig und direkt mit dem folgenden zusammen, die einzelnen Fertigungsstellen können in wechselnder Folge miteinander kombiniert werden. Daher ist auch kein vorbestimmter Fertigungsweg vorhanden, die Ablaufrichtungen wechseln häufig und das Produkt durchläuft die einzelnen Abteilungen im Zick-Zack-Weg, so daß Einzelförderer verwendet werden müssen. Bei der reinen Fließfertigung besteht dagegen eine gebundene und geschlossene Fertigungsfolge mit starrer Verknüpfung, damit ist auch ein von vornherein festgelegter Fertigungsweg

vorhanden. Daher hängt auch das einzelne Produktionsmittel zwangsläufig und direkt mit dem folgenden zusammen, die Kombination der einzelnen Fertigungsstellen ist stets gleichbleibend und auch die Ablaufrichtung ist einheitlich, es besteht ein geradliniger Fertigungsweg, der mit Hilfe einer Förderanlage zurückgelegt wird.

Betrachten wir die Unterschiede zwischen der reinen Werkstatt- und Fließfertigung hinsichtlich des zeitlichen Ablaufs, so finden wir im ersten Fall einen zeitlich nicht gebundenen Ablauf, der zu einer Bildung von Zwischenlagern führt. Die Weitergabe der Produkte erfolgt losweise. Bei der reinen Fließfertigung besteht ein zeitlich streng gebundener Ablauf, so daß Zwischenlager nicht entstehen können. Die Erzeugnisse werden stückweise weitergegeben. Die Bearbeitung verschiedener Artikel ist hier nur zeitlich nacheinander möglich, während bei Werkstattfertigung mehrere Erzeugnisse gleichzeitig nebeneinander hergestellt werden können.¹⁾

Diese Unterschiede wollen wir in der folgenden Übersicht noch einmal darstellen.

1) Vgl. Abromeit, G.: Erzeugnisplanung ..., a.a.O., S. 59

	Werkstattfertigung	Fließfertigung
1. Allgemeines Prinzip	Räumliche Konzentration von Produktionsmitteln gleichen Verfahrens	Anordnung der Produktionsmittel in der Reihenfolge der Fertigungsvorgänge des herzustellenden Produkts
2. Räumlicher Ablauf	1. ungebundene Fertigungsfolge ohne Bindung der Verfahrensfolge ohne Verknüpfung	1. gebundene und geschlossene Fertigungsfolge mit starrer Verknüpfung
	2. kein vorbestimmter Fertigungsweg	2. vorbestimmter Fertigungsweg
	3. wechselnde Kombination der Produktionsmittel	3. gleichbleibende Kombination der Produktionsmittel
	4. Wechselnde Ablaufrichtung (Zick-Zack-Weg.)	4. Einheitliche Ablaufrichtung (geradliniger Weg)
	5. Einsatz von Einzelförderern	5. Einsatz von Förderanlagen
3. Zeitlicher Ablauf	1. zeitlich nicht gebundener Ablauf	1. zeitlich streng gebundener Ablauf
	2. Entstehung von Zwischenlagern	2. keine Entstehung von Zwischenlagern
	3. losweise Weitergabe der Produkte	3. stückweise Weitergabe der Produkte
	4. gleichzeitige Fertigung verschiedener Produkte	4. Fertigung verschiedener Produkte nur zeitlich nacheinander möglich

II. Anordnung der Werkstätten nach dem Fertigungsfluß

1. Die allgemeinen Grundlagen der Anordnung der Werkstätten nach dem Fertigungsfluß

Die schwächste Ausprägung des Prinzips der Fließfertigung treffen wir dort an, wo die Produktionsmittel nach der Art des Verfahrens räumlich zusammengefaßt sind - also Werkstattfertigung besteht - aber für die Anordnung der Werkstätten bzw. Abteilungen die Aufeinanderfolge der Verfahrens entscheidend ist.¹⁾ Auf diese Weise ist das Prinzip der Fließfertigung zwar nicht für die direkte räumliche Aufeinanderfolge der einzelnen Fertigungsstellen maßgebend, wohl aber für den Durchlauf der Erzeugnisse durch die einzelnen Abteilungen.²⁾ Da Produktionsmittel gleicher Verrichtung räumlich zusammengefaßt sind, die einzelnen Werkstätten aber so angeordnet sind, wie die Verfahren aufeinander folgen, wollen wir von einer Anordnung der Werkstätten nach dem Fertigungsfluß sprechen.³⁾

Diese Anordnung läßt sich nur dann verwirklichen, wenn alle Produkte ähnlich und die Reihenfolge der Fertigungsoperationen gleich ist.⁴⁾ In der amerikanischen Literatur bezeichnet man diese Form auch als "similar-process layout", as all products "require the same sequence of

-
- 1) Vgl. Mellerowicz, K.: Betriebswirtschaftslehre ..., a.a.O., S. 130; siehe hierzu auch: Ireson, W.G.: Factory Planning and Plant Layout, New York 1952, S. 44 f.; Folts, F. E.: Introduction to Industrial Management, 5th ed., New York - San Francisco - Toronto - London 1963, S. 289
 - 2) Vgl. a. Kölbel, H./ Schulze, J.: Fertigungsvorbereitung ..., a.a.O., S. 47; Wrba, M.: a.a.O., S. 88. Hinsel spricht hier von "gebundenem Werkstätzensystem". Vgl. Hinsel, D.: a.a.O., S. 80
 - 3) nach Mellerowicz, K.: Betriebswirtschaftslehre ..., a.a.O., S. 130
 - 4) Vgl. Buser, P.: a.a.O., S. 37; Ireson, W.G.: a.a.O., S. 44; Timms, H.L.: a.a.O. S. 359

operations, hence the name 'similar process'!"¹⁾ Daneben finden wir den Begriff "straight-line method of departmental arrangement".²⁾ Die Anordnung der Werkstätten muß jedoch nicht unbedingt in einer geraden Linie erfolgen. Sie können auch im Kreis oder in anderen geometrischen Formen angeordnet sein.³⁾

In den meisten Fällen erfolgt innerhalb der einzelnen Werkstatt bzw. Abteilung eine Gruppenbildung der Produktionsmittel nach ihrer Größe, Ausführungsart usw.⁴⁾ So durchläuft ein Produkt die verschiedenen Abteilungen jeweils nur innerhalb einer bestimmten Maschinengruppe, je nach seiner Größe und seinen Eigenschaften.⁵⁾ Es kommt so zur Bildung einer Art von Fertigungsstraßen. "Allerdings haben wir keine Fertigungsstraßen im strengen Sinne, auf denen nur jeweils eine Sorte der anderen Folgt, sondern bei mehrfacher Maschinenausstattung, die auch ein Nebeneinander erlaubt, finden wir ein Konglomerat von Verbindungswegen zwischen zwei Werkstätten, da im Grenzfall jedes Produktionsmittel der einen mit jedem Produktionsmittel der folgenden Werkstatt verbunden sein kann"⁶⁾

Der in dieser Weise verwendete Begriff der Fertigungsstraße ist noch weiter zu erläutern. Hax verwendet diesen Begriff in einem noch erweiterten Umfang. "Unter Fertigungsstraße ist ... eine Folge der Arbeitsoperationen zu verstehen, mit deren Hilfe aus dem eingekauften Rohstoff die zum Verkauf bestimmte Fertigware gewonnen wird. Diese Arbeitsoperationen werden jeweils an besonderen Betriebsstationen ausgeführt, die Gesamtheit dieser Betriebssta-

1) Timms, H.L.: a.a.O., S.359

2) Vgl. Reed, R.: Plant Layout - Factors, Principles, and Techniques, Homewood 1961, S. 206. Muther bezeichnet dies als "flow through process groupings". Vgl. Muther, R.: Practical ..., a.a.O., S. 19

3) Vgl. Buser, P.: a.a.O., S. 68

4) Vgl. Ohse, H.: a.a.O., S. 628; Kölbel, H./Schulze, J.: Die Abgrenzung ..., a.a.O., S. 155; Wrba, M.: a.a.O., S. 91

5) Vgl. Muther, R.: Fließende Fertigung, a.a.O., S. 178

6) Ohse, H.: a.a.O., S. 631 f.

tionen bildet eine Fertigungsstraße. Dabei ist es nicht erforderlich, daß jedes Produkt immer alle Betriebsstellen berührt oder daß es sie immer in der gleichen Reihenfolge durchläuft. Aus diesem Grund brauchen die einzelnen Betriebsstellen auch nicht in einer ganz bestimmten Reihenfolge angeordnet zu sein. Das wird vielfach so sein, ist aber für den hier benutzten Begriff der Fertigungsstraße nicht erforderlich." ¹⁾ Wir halten den Gedanken, die einzelnen Fertigungsoperationen, gleichgültig innerhalb welchen Fertigungssystems sie sich abspielen, jeweils zusammenhängend für ein Produkt zu betrachten, für sehr wertvoll. Weniger glücklich ist allerdings die Bezeichnung Fertigungsstraße, da sie in der Literatur wie in der Praxis bereits seit langem mit einem engeren Begriffsinhalt belegt ist. Wir schlagen daher vor, die Aufeinanderfolge von Fertigungsoperationen für ein bestimmtes Produkt als Fertigungsweg oder Fertigungslauf zu bezeichnen. Man kann ebenfalls von "Maschinen-Schalt-Kombinationen" bzw. "Apparate-Schalt-Kombinationen" sprechen. ²⁾ Während im "klassischen" Werkstättensystem der Fertigungsweg seine Richtung laufend ändert, verläuft er bei Anordnung der Werkstätten nach der Verfahrensfolge vorwiegend in gleichbleibender Richtung. Außerdem kommt es zu bestimmten, festliegenden Maschinen-Schalt-Kombinationen für die einzelnen Produkte. Die Zahl der möglichen Fertigungswege ist hier also erheblich geringer als bei reiner Werkstattfertigung. Sie kann unterschiedlich sein je nach der Anzahl von Produktionsmitteln gleichen Verfahrens, was wir als Anlagenhäufigkeit bezeichnen wollen. Dabei können wir eine große, mittlere und kleine Anlagenhäufigkeit unterscheiden, je nachdem, wieviel gleiche Produktionsmittel räumlich zusammengefaßt sind. Die Kombinationsmöglichkeiten sind z.B. bei mittlerer Anlagenhäufigkeit geringer als bei großer Anlagenhäufigkeit.

1) Hax, K.: Grundlagen ..., a.a.O., S. 58

2) Vgl. Kölbel, H./Schulze, J.: Zur Systematik der Wirtschaftlichkeitskontrolle unter besonderer Berücksichtigung der Verfahrensindustrie. In: Erdöl und Kohle, Erdgas und Petrochemie, 19. Jg. (1966), S. 663 - 670, S. 666. Sie sprechen hier auch von "Betriebsgarnituren."

2. Praktische Beispiele einer Anordnung der Werkstätten nach dem Fertigungsfluß

a) Anordnung der Werkstätten nach dem Fertigungsfluß bei mittlerer Anlagenhäufigkeit

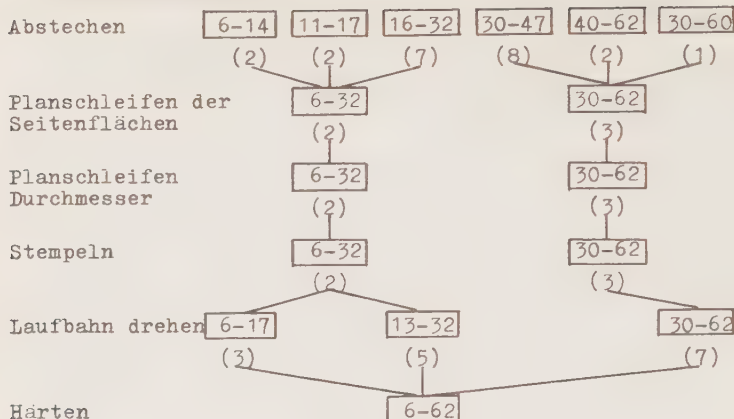
Wir wählen als erstes Beispiel die Herstellung von Kugellagern. Ein Kugellager besteht aus einem Innen- und Außenring, einem Käfig und den Kugeln. Diese verschiedenen Teile werden räumlich getrennt voneinander gefertigt. Wir wollen uns aus Gründen der Zweckmäßigkeit auf die Herstellung des Außenrings beschränken.

Das Rohmaterial ist Walzlagerstahl, welches in Stangenform bezogen wird. Für die Herstellung eines Außenringes sind folgende Verfahren erforderlich: Abstechen des Außenrings von der Stahlstange - Planschleifen der Seitenflächen - Planschleifen des Durchmessers - Waschen des Rings - Stempeln - Laufbahndrehen. Dieser Abschnitt der Fertigung wird als "Weichbearbeitung" bezeichnet. Nach der Härterei beginnt die "Hartbearbeitung" des Rings. Sie umfaßt folgende Verfahren: Planschleifen der Seitenflächen - Planschleifen des Durchmessers - Laufbahn schleifen - Laufbahn honen - Waschen des Rings.

Die Maschinen sind so angeordnet, daß Produktionsmittel mit gleichem Verfahren räumlich zusammengefaßt sind. Da der Fertigungsablauf für alle Außenringe gleich ist, folgen die einzelnen Abteilungen räumlich einander so, wie es der Verfahrensfolge entspricht. Innerhalb der einzelnen Abteilungen können wir eine Bildung von Maschinengruppen nach dem Größenbereich des Durchmessers der Ringe feststellen. Die Anordnung der Produktionsmittel können wir schematisch wie folgt darstellen (siehe Seite 169). Alle Produktionsmittel weisen im Prinzip einen relativ hohen Grad der Mechanisierung auf. Die Führung des Werkzeugs, das Verrichten einiger Nebentätigkeiten und die Steuerung des Ablaufs erfolgen selbsttätig, es liegt also eine automatische Steuerung des Ablaufs vor.

Dem Menschen verbleibt die Aufgabe der Zuführung von Ma-

1. Weichbearbeitung:



2. Hartbearbeitung:

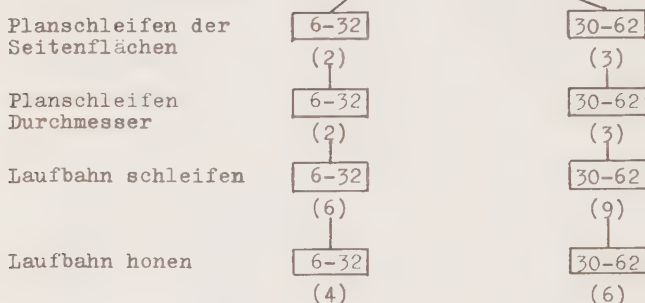


Abbildung 1¹⁾

1) Erklärung der Angaben:

Zahl - Zahl = Größenbereich der Produktionsmittel in mm
 (Zahl) = Zahl der Produktionsmittel je Größenbereich

Es bedeutet z.B. 6-32 : zwei Maschinen zum Stempeln für Ringe mit einem Durchmesser von 6-32 mm
 (2)

terial, wenn der jeweilige Vorrat aufgebraucht ist, außerdem der Transport zur nächsten Fertigungsstelle sowie die Regelung des Ablaufs. Er ist nicht mehr dauernd an den Rhythmus der Maschine gebunden, was sich auch in einer "Mehrstellenarbeit" zeigt, d.h. ein Arbeiter überwacht und beschickt mehrere Maschinen.¹⁾

Hinsichtlich des Arbeitsbereichs der Produktionsmittel läßt sich eine Verfahrensspezialisierung feststellen. Es handelt sich um Einverfahren-Maschinen, die auf ein bestimmtes Verfahren spezialisiert sind, auf denen aber Ringe unterschiedlicher Größen bearbeitet werden können. Eine gewisse Einengung ergibt sich allerdings dadurch, daß nur Rundkörper bearbeitet werden können.

Hinsichtlich der räumlichen Bindung des Ablaufs liegt eine räumlich ungebundene Fertigungsfolge jedoch mit Bindung der Verfahrensfolge ohne Verknüpfung vor.

Wenn wir die Abbildung der Fertigungsanordnung betrachten, so wird einmal die einheitliche und stets gleichbleibende Richtung des Fertigungsweges deutlich. Gleichzeitig ergibt sich aus dieser Darstellung die Zahl der möglichen Fertigungswege und ihre Etappen, die immer an der gleichen Stelle liegen und für jedes Produkt gleich sind. Ein Außenring mit einem Durchmesser von beispielsweise 25 mm beginnt seinen Fertigungsweg auf einem Abstechautomaten, von dem sieben zur Auswahl stehen. Beim Planschleifen und Stempeln kann er auf jeweils zwei Maschinen bearbeitet werden, während für das Laufbahndrehen von fünf Maschinen eine gewählt werden muß. Die Zahl der möglichen Fertigungswege ist hier noch relativ groß, bedingt durch eine mittlere Anlagenhäufigkeit, ist aber bereits recht überschaubar.

Neben den Eigenschaften des Produkts, wie in unserem Fall der Größe des Durchmessers, kann der Fertigungsweg auch noch bestimmt werden von der Auftragsgröße. So wird z.B.

1) Vgl. zum Begriff Mehrstellenarbeit z.B. Böhrs, H.: Leistungslohn, a.a.O., S. 166 ff.; Ries, J.: Die Mehrstellenarbeit, Berlin 1959, S. 9 ff.; Buser, P.: a.a.O., S. 23 f.

bei einem Außenring mit einem Durchmesser von 35 mm, von dem nur 1.000 Stück verlangt werden, nicht einer der Abstechautomaten gewählt, sondern eine Maschine, die Ringe mit einem Durchmesser von 30 - 60 mm abstechen kann und die speziell für kleine Stückzahlen gebaut wurde, da die Umstellzeiten wesentlich geringer als bei einem Automaten sind.¹⁾ Liegt ein solcher Fall vor, so kann als erste Station nur eine einzige Maschine gewählt werden. Der weitere Fertigungsweg verläuft dann wie bei allen anderen Ringen des gleichen Durchmessers. Es kommt also schon zu Fertigungswegen, bei denen für ein oder auch mehrere Verfahren eine Wahlmöglichkeit nicht besteht, während bei den übrigen Operationen mehrere Maschinen zur Verfügung stehen.

Die bearbeiteten Teile werden mit Hilfe von Einzelförderern weitertransportiert. Eine zeitliche Bindung der Aufeinanderfolge der Vorgänge besteht nicht, da eine genaue Abstimmung nicht möglich ist,²⁾ die Ringe werden losweise und unregelmäßig intermittierend weitergegeben. Die fehlende zeitliche Bindung zeigt sich auch in einer umfangreichen Zwischenlagerbildung, die vor allem ablaufbedingt ist, die aber auch - als Ausgleichslager - auf die unterschiedliche Fertigungsdauer bei den einzelnen Operationen und der Unmöglichkeit einer zeitlichen Gleichschaltung der Vorgänge zurückgeht.³⁾

Weitere Beispiele finden wir in der metallverarbeitenden Industrie, z.B. bei der Herstellung von Schmuckwaren, in Besteckfabriken, bei der Fertigung von Kochgeschirren, in Schrauben- und Nadelfabriken.⁴⁾ Besonders häufig tritt

-
- 1) Für eine Fertigung auf einem Abstechautomaten sind Mengen von mindestens 10.000 Stück erforderlich.
 - 2) Vgl. a. Hinsel, D.: a.a.O., S. 80
 - 3) Vgl. Männel, W.: a.a.O., S. 20
 - 4) Vgl. auch das ausführlich beschriebene Beispiel der Herstellung von Sagen etc. in einer Anordnung von Werkstätten nach dem Fertigungsfluß bei: Folts, F.E.: a.a.O., S. 280 ff.

uns diese Anordnungsform auch in der Textilindustrie entgegen, so in Tuchwebereien, bei der Teppichherstellung, in Strumpffabriken, bei der Fertigung von Gardinen und in Hutfabriken. Auch in der Glasindustrie stoßen wir auf diese Form, so z.B. bei der Herstellung von Hohlglaswaren, wie Glasröhren etc. In der gummiverarbeitenden Industrie ist diese Form der Fließfertigung z.B. bei der Fertigung von Hartgummiwaren anzutreffen, in der papierverarbeitenden Industrie u.a. bei der Herstellung von Papierhülsen (für die Textilindustrie) und in Briefumschlagfabriken. Auch in der kunststoffverarbeitenden Industrie ist diese Form anzutreffen, so bei der Fertigung von Haushaltsartikeln, wie Butterdosen usw.

Das Gemeinsame all dieser Beispiele ist, daß es sich um Betriebe mit vorherrschend mechanischer Technologie handelt. Diese Erscheinungsform der Fließfertigung tritt aber auch in Betrieben mit vorherrschend chemisch-technologischen Verfahren auf. So beispielsweise in der pharmazeutischen Industrie, bei der Herstellung von Farben¹⁾ und Lacken²⁾.

b) Anordnung der Werkstätten nach dem Fertigungsfluß bei kleiner Anlagenhäufigkeit

Wir wollen ein weiteres Beispiel heranziehen, um zu zeigen, wie bei geringerer Häufigkeit der Maschinen je Verfahren die Zahl der möglichen Fertigungswege abnimmt. Als Beispiel dient uns die Herstellung von Starkstromkabeln (= Energiekabel).

Die einzelnen Drähte für ein Kabel, die in der Drahtzieherei bereits bearbeitet wurden, werden zunächst auf einer Verseilmaschine zum sog. Leiter verseilt.³⁾ Dort erhalten die Drähte eine Biegung um den Kerndraht, daneben

1) Vgl. a. Kölbel, H./Schulze, J.: *Fertigungsvorbereitung ...*, a.a.O., S. 49 f.

2) Vgl. dieselben: *Die Abgrenzung ...*, a.a.O., S. 155

3) Vgl. zur Herstellung von Kabeln auch: Littmann, H.E.: *Kabelindustrie*. In: *HdB*, 3. Aufl., II. Bd. Sp. 2915 - 2918, S. 2916

erfolgt das Verdichten und Vordrallieren zum Leiter. Außerdem werden auf dieser Maschine die Leiter mit Papierlagen umspinnen und der isolierte Leiter, den man jetzt als Ader bezeichnet, auf eine Kabeltrommel aufgewickelt. Anschließend werden mehrere Adern zur sog. Kabelseele verseilt, was ebenfalls auf einer Verseilmaschine vor sich geht. Da die Kabelseele einen unerwünschten Feuchtigkeitsgehalt aufweist, wird dieser in verschlossenen Kesseln entzogen und die Kabelseele zur besseren Leitfähigkeit mit einer bestimmten Masse imprägniert. Dieser Vorgang erfordert einige Tage. Da Kabel den verschiedensten Einflüssen ausgesetzt sind, ist das Anbringen verschiedener Schutzschichten erforderlich. So wird zunächst ein Schutzmantel aufgepreßt, der wahlweise aus Blei oder Aluminium bestehen kann, was als Ummantelung bezeichnet wird. Anschließend erfolgt die Armierung des Kabels, es werden z.B. weitere Papierlagen angebracht, es kann ein Umspinnen mit Draht vorgenommen werden sowie Anbringen einer Jutehülle usw. Hier bestehen mehrere Möglichkeiten, je nach Einflüssen, denen das Kabel ausgesetzt ist. Die Fertigungsanordnung ergibt folgendes Bild:

Verseilen
zur Ader

Verseilen zur Seele

Trocknen

Ummanteln

Armieren

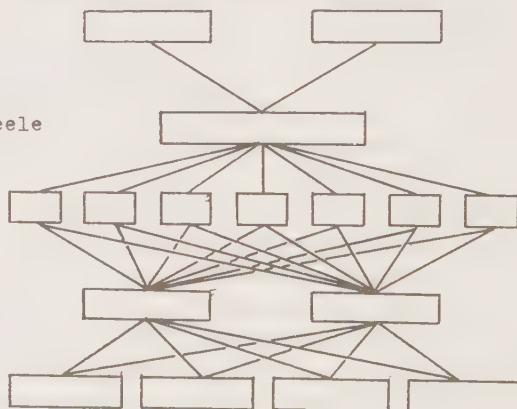


Abbildung 2

Der Mechanisierungsgrad der Maschinen ist relativ hoch, er kann als automatische Steuerung des Ablaufs bezeichnet werden, allerdings ist ein selbsttätiger Ablauf auf Grund der einfachen Vorgänge leicht zu erreichen. Es handelt sich um Einverfahren-Maschinen, so daß eine Verfahrensspezialisierung vorliegt. Die beiden ersten Verseilmaschinen sind allerdings auf die Bearbeitung bestimmter Bereiche von Drahtzahlen spezialisiert.

Bei der räumlichen Bindung des Ablaufs handelt es sich um eine ungebundene Fertigungsfolge, die Maschinengruppen sind jedoch nach dem Verfahrensablauf angeordnet. Besonders interessant ist, daß auf Grund der kleinen Anlagenhäufigkeit die Zahl der möglichen Maschinen-Schalt-Kombinationen relativ gering ist. Wenn wir z.B. ein papierisoliertes Kabel mit Blei-Ummantelung und einer bestimmten Zahl von Drähten als Beispiel wählen, so liegt der Fertigungsweg für die beiden Verseilvorgänge und für das Ummanteln von vornherein fest, eine Wahl besteht nur beim Trocknen und beim Armieren. Der Transport zur nächsten Fertigungsstelle erfolgt mit Hilfe von Einzelfördermitteln.

Eine zeitliche Bindung der Fertigungsvorgänge besteht nicht, die Kabeltrommeln werden unregelmäßig intermittierend weitergegeben.

Weitere Beispiele für diese Art der Anordnung finden wir bei der Fertigung von Schwachstromkabeln (= Fernmeldekabel) und Leitungen, ferner in Walzwerken für Stahl- und Messingbänder.

c) Anordnung der Werkstätten nach dem Fertigungsfluß ohne Anlagenhäufigkeit

Als letztes Beispiel wollen wir die Bearbeitung von Holzteilen in einem Betrieb der Büromöbelherstellung erläutern. Die Holzbretter werden auf Sägemaschinen zugeschnitten, anschließend in einem Ofen getrocknet. Die Teile gelangen dann zur Abrichtmaschine, wo die Kanten egalisiert werden, anschließend zu Hobelmaschinen, wo die

Teile auf die Dicke und Breite gebracht werden. Anschließend gelangen sie auf eine Fräsmaschine, und erhalten auf einer Schleifmaschine ihre abschließende Bearbeitung. Die Fertigungsanordnung ergibt sich aus der folgenden Abbildung:

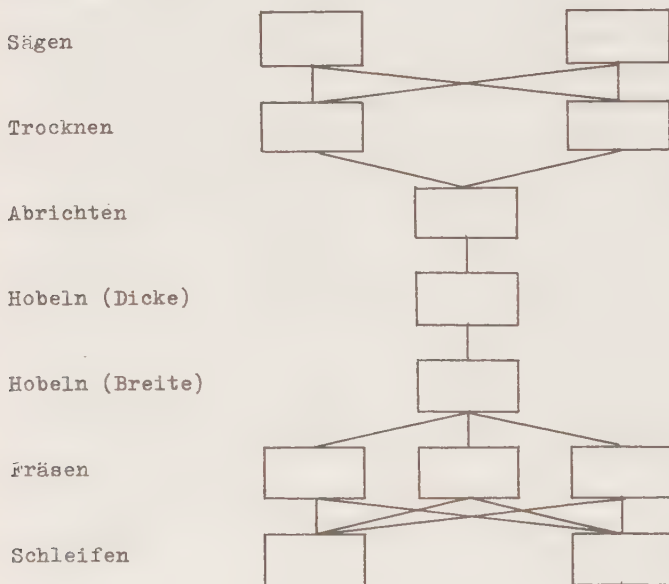


Abbildung 3

Der Mechanisierungsgrad der Maschinen ist relativ gering, der Arbeiter muß das Werkstück noch selbst führen, es liegt also eine manuelle Führung vor. Die Produktionsmittel sind Einverfahren -Maschinen, die jeweils alle vorkommenden Maße und Größen bearbeiten können, mit Ausnahme der Fräsmaschinen, die auf bestimmte Ausführungsformen spezialisiert sind. Die Art der räumlichen Bindung ist in diesem Fall besonders interessant. Denn vom Trocknen ab bis zum Fräsen besteht für die jeweiligen Teile keine Wahlmöglichkeit, da alle Maschinen nur einmal vorhanden sind, bis auf die Fräsmaschinen, deren Wahl sich aber auf

Grund der Bearbeitungsart von selbst ergibt.

Dadurch, daß nur jeweils ein Produktionsmittel für ein bestimmtes Teil in Frage kommt, können wir hier von einer gebundenen Fertigungsfolge vom Abrichten bis zum Fräsen sprechen, denn es besteht nur ein Fertigungsweg für ein Produkt. In diesem Betrieb spricht man daher auch von einer Fertigungsstraße. Die Weitergabe der Teile erfolgt mit Hilfe eines Einzelfördermittels.

Eine zeitliche Bindung des Ablaufs ist nicht festzustellen, die bearbeiteten Teile werden in größeren Losen und unregelmäßig intermittierend weitergegeben. Es bilden sich also erhebliche Zwischenlager, die vor allem ablaufbedingt sind. Bei Betrachtung des Ablaufs kann man erkennen, daß zur gleichen Zeit an den einzelnen Maschinen verschiedene Teile bearbeitet werden.

3. Die Anordnung der Werkstätten nach dem Fertigungsfluß - eine Fertigungsanordnung mit stark überwiegenden Elementen der Werkstattfertigung

Die Anordnung von Werkstätten nach den Fertigungsfluß stellt eine Kombination von Prinzipien der Werkstatt- und der Fließfertigung dar. In diesem Fall spielt zwar die Ausrichtung nach dem Produkt eine gewisse Rolle, aber die Anordnung der Produktionsmittel nach dem Verfahren ist derart bestimmend, daß das Prinzip der Werkstattfertigung bei weitem überwiegt.¹⁾

Betrachten wir den Fertigungsablauf, so finden wir bereits gewisse Elemente der Fließfertigung vor, wie die einheitliche Richtung des Ablaufs und eine gewisse Konstanz der Fertigungswege. Der Transport erfolgt mit Hilfe von Einzelförderern. Zwar werden die Produktionsmittel noch in wechselnder Weise kombiniert, aber die Zahl der Maschinen-Schalt-Kombinationen ist wesentlich geringer als bei reiner Werkstattfertigung, sie wird um so gerin-

1) Vgl. Hinsel, D.: a.a.O., S. 80

ger, je mehr die Anlagenhäufigkeit abnimmt. Wir haben die räumliche Bindung des Ablaufs als ungebundene Fertigungsfolge mit Bindung der Verfahrensfolge ohne Verknüpfung gekennzeichnet. Im Grenzfall ist jedes Produktionsmittel nur einmal vorhanden, so daß wir zu einer gebundenen Fertigungsfolge kommen und damit zu einer Fertigungsstraße im weitesten Sinne.

Hinsichtlich des zeitlichen Ablaufs sind alle Eigenschaften der Werkstattfertigung verwirklicht, also eine zeitlich nicht gebundene Fertigungsfolge, eine losweise Weitergabe der Erzeugnisse und damit eine ablaufbedingte Zwischenlagerung und schließlich die gleichzeitige Fertigung verschiedener Artikel.

Es ergibt sich zusammenfassend, daß bei einer Anordnung der Werkstätten nach dem Fertigungsfluß die Eigenschaften der Werkstattfertigung bei weitem überwiegen. Bei der Anordnung der Maschinen und bei einigen Gegebenheiten des räumlichen Ablaufs zeigen sich jedoch bereits Eigenschaften der Fließfertigung.

III. Fertigungsweg mit flexibler Verknüpfung

1. Allgemeine Grundlagen des Fertigungsweges mit flexibler Verknüpfung

Die Anordnung der Werkstätten nach dem Fertigungsfluß führt zwar zu einer Verkürzung der Transportwege, und so zu einer Annäherung an die Fließfertigung, die einzelnen Erzeugnisse werden weiterhin am Arbeitsplatz gesammelt und dann mit Hilfe von Einzelförderern losweise weitergegeben. Auf diese Weise kommt es zu einer langen Durchlaufzeit der Produkte,¹⁾ die beim Fertigungsweg mit flexibler Verknüpfung herabgesetzt wird, indem die Wartezeiten verringert werden. "Dies wird möglich durch eine Annäherung der Werkstattfertigung an das Fließfertigungsprinzip, indem ... das Fabrikationslos in Teillosen an die folgende Bearbeitungs-

1) Vgl. a. Böhrs, H.: Organisation ..., a.a.O., S. 189

stelle weitergegeben wird." ¹⁾ Das Prinzip der räumlichen Konzentration von Produktionsmitteln gleichen Verfahrens bleibt bestehen, es erfolgt aber eine Verknüpfung der einzelnen Fertigungsstationen mit Hilfe einer Förderanlage. Häufig wird ein Stetigförderer gewählt, der nach dem Prinzip der Kreisförderung arbeitet. ²⁾ Man wartet nun nicht so lange mit dem Weitertransport, bis das ganze Los fertiggestellt ist, sondern gibt die Erzeugnisse in Teillosen weiter, was bei den stetig umlaufenden Fördermitteln leicht möglich ist. ³⁾ Diese "haben in erster Linie Verteiler- und Zubringeraufgaben und dienen vor allem der Verbesserung der Arbeitsorganisation und des Warendurchlaufs." ⁴⁾ Eine zeitliche Bindung zwischen den Fertigungsstationen besteht nicht, die Förderanlage übernimmt hier auch die Funktion einer Pufferung und Stapelung der Produkte. ⁵⁾

2. Praktische Beispiele für einen Fertigungsweg mit flexibler Verknüpfung

a) Fertigungsweg mit flexibler Verknüpfung und Anlagenhäufigkeit

Unser erstes Beispiel für einen Fertigungsweg mit flexibler Verknüpfung stellt das sog. Varionsystem dar, das vor allem in der Bekleidungs- und Schuhindustrie angewendet wird. Wir wollen das Prinzip an einer Stepperei-Abteilung in einer Damenschuhfabrik erläutern. Die Verfahrens-

- 1) Geiger, E.: a.a.O., S. 63. Haschke bezeichnet dies als "Staffelfertigung". Vgl. Haschke, W.: Mengen- und terminmäßige Baugruppen-Deduktion im Bereich der Metallindustrie. In: Optimale Fertigungsplanung und -steuerung - Optimierungssysteme der elektronischen Datenverarbeitung, Mellingen - Baden (Schweiz) o.J., S. 44 - 79, S. 69
- 2) Vgl. Feuerbaum, E.: a.a.O., S. 67
- 3) Vgl. hierzu auch Justen, B.: Zweckmäßiger Materialfluß und Fertigungsplanung. In: Aktuelle Probleme der Betriebsorganisation, hrsg. von der Deutschen Gesellschaft für Betriebswirtschaft, Berlin 1955, S. 73 - 79, S. 76
- 4) Pentzlin, K.: Arbeitsrationalisierung, a.a.O., S. 116
- 5) Vgl. Krippendorff, H.: a.a.O., S. 44; Sterling, W.: Einsatz von Kreisförderern in wirtschaftlicher Sicht. In: Lager - bau - haltung - organisation, Zeitschrift für das moderne Lagerwesen, 3. Jg. (1967), Heft 4, S. 8 - 11, S. 8

folge für einen Schaft kann sehr unterschiedlich sein, wir wählen einen Schaft, bei dem folgende Fertigungsvorgänge durchzuführen sind:¹⁾ Umschlagen des Oberleders ("Buggen") - Meterband ansteppen - Gummieinfußband an Schaft ansteppen - Sortieren der Futter- und Schaftteile - Futter einsteppen ("Kantieren"). Die Maschinen sind wie folgt angeordnet:²⁾

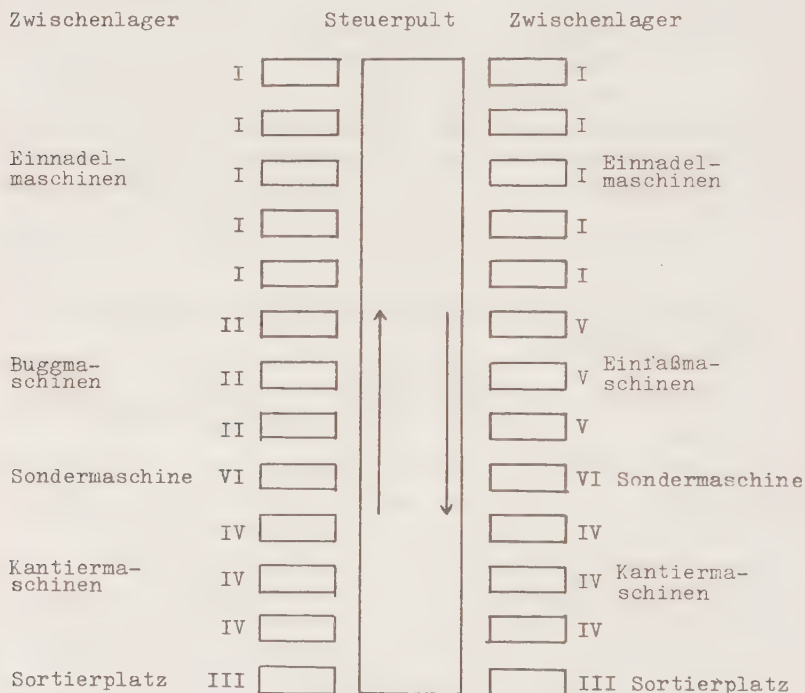


Abbildung 4

1) Es ist anzumerken, daß die Stepperei aus zwei Fertigungsabschnitten besteht, deren Fertigungsanordnung gleich ist. Wir beschränken uns auf den zweiten Abschnitt.

2) Erklärung der Angaben:

- I. : 10 Einnadelmaschinen
- II : 3 Buggmaschinen
- III : 2 Sortierplätze
- IV : 6 Kantiermaschinen
- V : 3 Einfußmaschinen
- VI : 2 Sondermaschinen (Riegelautomat, Ösenmaschine)

Das Prinzip der Anordnung besteht darin, daß die Maschinen räumlich nach jeweils gleichem Verfahren zusammengefaßt¹⁾ und an beiden Seiten einer Förderanlage aufgestellt sind.

Der Mechanisierungsgrad der Produktionsmittel ist relativ gering, da "hier die Maschinen noch mehr oder weniger Werkzeugcharakter haben und Formgebung und Abmessungen unmittelbar durch die menschlichen Arbeitskräfte gesteuert werden."²⁾ Es liegt also eine manuelle Führung des Werkstücks vor. Die Produktionsmittel können als Einverfahren-Maschinen bezeichnet werden,³⁾ da die Spezialisierung noch relativ gering ist. Es liegt eine Verfahrensspezialisierung vor, die zu bearbeitenden Teile können jedoch in Form und Abmessung unterschiedlich sein. Es liegt eine räumlich ungebundene Fertigungsfolge mit flexibler Verknüpfung der einzelnen Stationen vor. Die als Variorband bezeichnete Förderanlage wurde in den 50er Jahren entwickelt. Die Anlage selbst wurde im Laufe der Zeit verbessert, das Prinzip der Anordnung aber ist geblieben. Heute spricht man von einer "zentral gesteuerten Combi Förderanlage".⁴⁾ "Dies besteht aus einer umlaufenden Transporteinrichtung, auf der sogenannte Träger für die Aufnahme von Behältern mit dem Nähgut angebracht sind. Vorne ... befindet sich die zentrale Aufgabe- und Überwachungsstelle, rund um das Band sind die Arbeitsplätze verteilt. An jedem Träger sind Tasten angebracht, mit denen der Arbeitsplatz eingestellt werden kann, den der Behälter anlaufen soll. Wenn der Träger am entsprechenden Platz vorbeifährt, wird der Behälter ausgestoßen, sofern einer

-
- 1) In der Bekleidungs- und Schuhindustrie bezeichnet man dies auch als "Blockarbeit". Vgl. z.B. Hessland, D.: Die Fertigungsverfahren in der Bekleidungsindustrie. In: die Bekleidungsindustrie, hrsg. von E. Melzer, Darmstadt 1955, S. 143 - 154, S. 152; Schwab, R.: Fertigungsweisen in der Bekleidungsindustrie. In: Bekleidung und Wäsche, 6. Jg. (1954), S. 1 - 5, 49 - 50, S. 1f.
 - 2) Riebel, P.: Die Elastizität ..., a.a.O., S. 41
 - 3) Vgl. ebenda, S. 41
 - 4) Vgl. Besching, O.: Handbuch für die Schuhindustrie, 6. Aufl., Bad Ems 1956, S. 153

der Abstellplätze an der Maschine frei ist. Ein Signaltabelleau zeigt die Besetzung dieser Abstellflächen, so daß eine ungenügende Versorgung einer Maschine sofort ersichtlich ist."¹⁾ An jeder Fertigungsstelle stehen zwei Abstellplätze für die Materialkästen zur Verfügung, wobei einer für den Arbeits- und der andere für den Reservekasten bestimmt ist. Sobald der Reserveplatz frei wird, leuchtet am Schaltpult der Aufgabestelle ein Lämpchen auf, welches den Materialbedarf anzeigt. "Mittels ... automatischer Zielsteuerung kann vom ... zentralen Steuerpult aus jedem Arbeitsplatz das Material zugeführt werden. Man nimmt dabei in Kauf, daß bearbeitetes Material erst zur Zentrale zurückkehrt und von dort dem nächsten Arbeitsplatz zugeleitet wird."²⁾ Da die Förderanlage die Produkte nicht nur in einer Richtung transportieren kann, sondern zugleich auch in der entgegengesetzten Richtung,³⁾ kann bei der Anordnung der "Grundsatz der gegenseitigen Zuordnung einander folgender Arbeitsplätze"⁴⁾ vernachlässigt werden.⁵⁾ Diese Förderanlage kann nicht als ein Transportmittel im üblichen Sinn angesehen werden,

1) Büchel, A.: Beziehung zwischen Planung, Betriebsablauf, Transportwesen und Raumausnutzung. In: Industrielle Organisation, 30. Jg. (1961), S. 365 - 372, S. 372; vgl. auch die Abbildung der Förderanlage auf S. 368

2) Fackelmeyer, A.: Materialfluß ..., a.a.O., S. 91
Durch den Ort der Zwischenlagerung unterscheidet sich diese Förderanlage von dem Varionband, denn dort befinden sie sich ständig auf der Förderanlage. Im einen Fall haben wir also ein ruhendes, im anderen ein wanderndes Zwischenlager. Vgl. zum Varion-System im einzelnen: Jung, O.: a.a.O., S. 50 ff.; Dilli, W.: Das Varion-System und die Rationalisierung in den Schaffabteilungen der Schuhindustrie. In: Das ABC der Schuhfabrikation, 1950, S. 566 - 571, S. 568 ff.; Besching, O.: a.a.O., S. 146 ff.; Hessland, D.: Fertigungsverfahren in der Näherei. In: Melliand-Textilberichte, 36. Jg. (1955), S. 456 - 458, S. 458; Ohse, H.: a.a.O., S. 640

3) Vgl. Voitl, W.: a.a.O., S. 38

4) Fackelmeyer, A.: Materialfluß-Planung ..., a.a.O., S. 91

5) Vgl. Fackelmeyer, A.: Materialfluß-Planung ..., a.a.O., S. 91; siehe auch Lauke, H.L.: Fließarbeit ohne Leistungsabstimmung? In: Refa-Nachrichten, 10. Jg. (1957), S. 7 - 10, S. 9 f.

sie ist "vielmehr Glied einer ausgeklügelten Organisation der Arbeitsverteilung und -steuerung, mit deren Hilfe das Nebeneinander der verschiedenen Aufträge durchaus möglich wird, ohne daß die Übersicht ... verloren geht."¹⁾ Eine zeitliche Bindung zwischen den einzelnen Stellen besteht nicht,²⁾ gegenüber der Anordnung der Werkstätten nach dem Fertigungsfluß verringert sich jedoch die Durchlaufzeit erheblich, da eine Weitergabe jeweils in Teillosen erfolgt, die hier meist aus mehreren "Bündeln" bestehen, in unserem Beispiel aus 20 Paaren von Schäften, während die Gesamtpartie je nach Typ 200 - 300 Paare umfaßt.

Außer in der Schuhindustrie finden wie Fertigungswege mit flexibler Verknüpfung in der Ober- und Unterbekleidungsindustrie, teilweise auch schon in Betrieben der Holzbearbeitung und der Metallindustrie, z.B. bei der Herstellung von Einzelteilen für Schreib- und Rechenmaschinen.³⁾ Diese Fertigungsanordnung ist im wesentlichen der Herstellung von kleineren und nicht zu schweren Teilen vorbehalten, da ein Transport der Produkte auf diese Weise sonst nicht möglich ist.⁴⁾

Ein Fertigungsweg mit flexibler Verknüpfung besteht z.B. auch in Betrieben der keramischen Industrie, z.B. bei der Herstellung von Porzellangeschirr oder auch von Wandfliesen. Die Produktionsmittel sind ebenfalls nach gleichen Verfahren räumlich zusammengefaßt und durch Kreisförderanlagen miteinander verbunden. Im Unterschied zum vorhergehenden Beispiel sind die einzelnen Gruppen von Maschinen nach dem Fertigungsfluß der Produkte angeordnet, was hier möglich ist, da die Fertigungsvorgänge in ihrer Reihenfolge immer gleich bleiben. Die Förderanlage ist hier stetig in Betrieb,

1) Lauke, H.L.: Fließarbeit ..., a.a.O., S. 9

2) Vgl. Reitmeier, F.: a.a.O., S. 65

3) Vgl. Lauke, H.L.: Fließarbeit ..., a.a.O., S. 9 f.; derselbe: Betriebliche Arbeitsflußgestaltung - ein Weg zur Senkung der Fertigungskosten. In: Werkstattstechnik, 52. Jg. (1962), S. 187 - 189, S. 187; Blankenstein, C.: Stückzeitermittlung in der Holzindustrie, München 1959, S. 313; Büchel, A.: a.a.O., S. 368

4) Vgl. Ohse, H.: a.a.O., S. 640

während sie im vorherigen Fall nur zeitweise, also intermittierend benutzt wird. Der Grund für die unterschiedliche Anordnung der Maschinen und die andere Gestaltung des Fördervorgangs dürfte vor allem darin liegen, daß wir im einen Fall eine Serien- im letzten Fall aber Sortenfertigung vorfinden, so daß daher eine Konstanz in der Verfahrensfolge gegeben ist.

b) Fertigungsweg mit flexibler Verknüpfung ohne Anlagenhäufigkeit¹⁾

Wir wollen eine Fabrik, die Motoren für Omnibusse, Lastkraftwagen usw. herstellt, als Beispiel für einen Fertigungsweg mit flexibler Verknüpfung ohne Anlagenhäufigkeit wählen und werden einen Teil der Pleuelstangenfertigung näher untersuchen. Es werden drei Grundtypen von Pleuelstangen gefertigt, für die im wesentlichen jeweils die gleiche Bearbeitungsfolge gilt. Unterschiede im Fertigungsablauf bestehen darin, daß ein bestimmter Bearbeitungsvorgang für eine der drei Typen nicht erforderlich ist und die entsprechende Fertigungsstelle damit ausgelassen werden kann. Ein weiterer Unterschied besteht darin, daß für alle drei Grundtypen das gleiche Grundverfahren angewendet wird, daß aber die eine Type eine andere Maschinenausführung als die andere erfordert. Um die Fertigungsfolgen für die einzelnen Typen darzustellen, bezeichnen wir die Grundtypen mit a, b und c, die Fertigungsvorgänge werden fortlaufend nummeriert und das Vorhandensein von zwei

1) Diese Fertigungsanordnung wird in der Literatur oft einfach als Fertigungsstraße bezeichnet, vgl. z.B. Krippendorff, H.: a.a.O., S. 47. Daneben finden wir auch die Bezeichnung "kombinierte Fertigungsstraße", vgl. z.B. Oeckl, O.: a.a.O., S. 695, sowie "Gemischtfertigung" vgl. Fuchs, W./Honrath, K.: Rationelle Methoden in der Gemischtfertigung. In: Werkstattstechnik, 55. Jg. (1965), S. 167 - 1717, S. 168

Produktionsmitteln für das gleiche Grundverfahren wird durch die Angaben I und II deutlich gemacht. Werden die Fertigungsverfahren auf einer Maschine durchgeführt, wollen wir dies durch ein M hinter der Verfahrensbezeichnung kennzeichnen, und wenn es sich um rein manuelle Arbeiten handelt, soll dies durch ein H angedeutet werden. Es ergibt sich dann folgender Verfahrensablauf für die drei Produkte:

- 1 : a, b, c: Zusammenfassen von Stange und Deckel (H)
- 2 : a, b : Anfasen (M)
- 3 : I a : Fertigbohren der kleinen,
Vorbohren des großen Pleuelauges (M)
- 3 : II b, c: Fertigbohren der kleinen
Vorbohren des großen Pleuelauges (M)
- 4 : a, b, c: Fräsen des Ölschlitzes (M)
- 5 : a, b, c: Entgraten (H)
- 6 : I a : Feinbohren des großen Pleuelauges (M)
- 6 : II b, c: Feinbohren des großen Pleuelauges (M)
- 7 : a, b, c: Zerlegen von Stange und Deckel (H)
- 8 : I a, b : Fräsen der Sicherungsnute (M)
- 8 : II c: Bohren des Sicherungsloches (M)
- 9 : I a, b : Entgraten der Sicherungsnute (H)
Zusammenschrauben
- 9 : II c: Entgraten des Sicherungslochs (H)
Zusammenschrauben
- 10: I a, b : Tarierfräsen (M)
- 10: II c: Auswiegen und Abschleifen (M)

Aus der Darstellung des Fertigungsablaufs für die einzelnen Grundtypen geht nun hervor, daß z.B. der Fertigungsverfahren 2, das Anfasen, nur für die Typen a und b, nicht jedoch für c erforderlich ist. Für den Fertigungsverfahren 3, Fertigbohren des kleinen, Vorbohren des großen Pleuelauges, wird für Typ a eine andere Bohrmaschine benötigt als für die Typen b und c. Fertigungsverfahren 5 - Entgraten - wird für alle drei Typen auf einer Maschine durchgeführt.

Die Anordnung der Produktionsmittel und Arbeitsplätze kann wie folgt schematisch dargestellt werden:

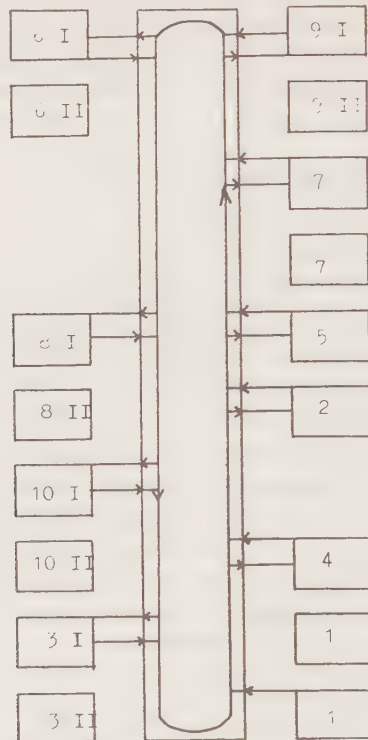


Abbildung 5

Das Prinzip der Anordnung der Produktionsmittel besteht darin, daß alle Maschinen und Arbeitsplätze um einen Kreisförderer herum angeordnet sind.

Die Maschinen weisen einen Mechanisierungsgrad auf, der zwischen der manuellen und der automatischen Steuerung des Ablaufs liegt, da zwar der eigentliche Fertigungsvorgang automatisch abläuft, der Arbeiter jedoch die Stücke laufend zuführen und entnehmen muß. Er ist in diesem Fall noch an den Rhythmus der Maschine gebunden, daher ist auch eine Mehrstellenarbeit nicht möglich. Der Spezialisierungsgrad ist bereits relativ hoch, es liegt eine Ausrichtung auf das Erzeugnis vor, wobei jedoch Produkte mit

verschiedenen Abmessungen bearbeitet werden können, es handelt sich also um Mehrprodukt-Maschinen.

Die Bindung des Ablaufs kann als räumlich nicht gebundene Fertigungsfolge mit flexibler Verknüpfung der Fertigungsstationen bezeichnet werden. Die Produktionsmittel sind um einen Kreisförderer herum angeordnet, wobei die Förderrichtung der Fertigungsfolge nicht entspricht. So folgt beispielsweise auf die Bohrmaschine, die Verfahren 6 durchführt ^{sich} eine Fräs- und Bohrmaschine für Verfahren 8, während der Arbeitsplatz für Verfahren 7 auf der gegenüberliegenden Seite befindet. Aus diesem Grund ist die Fertigungsfolge räumlich nicht gebunden. Der Kreisförderer, der aus Gestellen besteht, die auf Schienen umlaufen, enthält mehrere Abstellflächen für die zu bearbeitenden Teile. Wenn ein Los fertiggestellt ist, wird es auf eine bestimmte Abstellfläche gelegt und wandert auf dem Kreisförderer so lange herum, bis der nächste Fertigungsvorgang ausgeführt werden kann. Der Arbeiter dieser Fertigungsstation entnimmt dann das Los aus dem Kreisförderer, wenn die entsprechende Abstellfläche an seinem Arbeitsplatz vorbeiwandert. Nach Durchführung der Bearbeitung an diesem Los werden die Teile wieder in die Fördergehänge gelegt, und wandern so lange um, bis der nächste Fertigungsvorgang ausgeübt werden kann.¹⁾ Der Kreisförderer verbindet also mittelbar die einzelnen Fertigungsstationen miteinander, die Verknüpfung ist flexibel, da der stetig umlaufende Kreisförderer die Produktionsmittel je nach Wahl miteinander verbindet. Aus diesem Grund ist auch eine unmittelbare räumliche Aufeinanderfolge der einzelnen Fertigungsstationen nicht erforderlich, da die Förderanlage stetig umläuft und so die Produktionsmittel und Arbeitsplätze fortwährend miteinander verbinden kann.²⁾

1) Oeckl, O.: Das leidige Problem der Typenvielfalt in der mechanischen Bearbeitung - Erfahrungen mit "kombinierten Fertigungsstraßen". In: Werkstattstechnik, 53. Jg. (1963), S. 693 - 698, S. 695

2) Vgl. ebenda, S. 697. Erwähnenswert ist, daß bei der Anordnung der Maschinen ausschließlich raumökonomische Aspekte entscheidend waren. Daher finden sich an der einen Seite der Förderanlage die größeren, auf der anderen Seite die kleineren Maschinen.

Die Maschinenfolge für Typ a ist in Abbildung 5 angegeben. Es besteht ein vorbestimmter Fertigungsweg je Produkt, so daß die Maschinen-Schalt-Kombinationen ebenfalls festliegen. Die Ablafrichtung ist einheitlich, allerdings verläuft sie nicht geradlinig, sondern kreisförmig. Eine zeitliche Bindung des Ablaufs besteht nicht, was vor allem auf die unterschiedliche Fertigungsdauer je Verfahren zurückzuführen ist. Sie beträgt zwischen 0,5 und 4 Minuten je Stück. Außerdem werden mehrere verschiedene Teile gleichzeitig in dem Fertigungsweg bearbeitet, so daß auch aus diesem Grund eine zeitliche Bindung kaum möglich ist.¹⁾ Wie in den vorigen Beispielen so wird auch hier ein Auftrag in Teillosen bearbeitet und dann weitergegeben. In unserem Beispiel beträgt die Stückzahl 1000 - 3000 je nach Type. Ein Teillos besteht aus 120 Teilen, die nach der Fertigstellung sofort weitergegeben werden.²⁾ Weitere Beispiele für diese Art des Fertigungsweges mit flexibler Verknüpfung finden wir in der Industrie häufiger, vor allem bei der Herstellung von Metallteilen.³⁾ Ferti-

-
- 1) "Die Bearbeitung mehrerer Teilearten ... ist dadurch bedingt, daß die Produktmenge und der Arbeitsumfang dieser Teile für eine ... Fließreihe nicht ausreichend sind." Mitrofanow, S.: a.a.O., S. 409
 - 2) Vgl. a. Hahn, H./Roschmann, K.: Kurzfristige Terminierungsverfahren der Fertigungssteuerung bei Werkstattfertigung. In: Werkstattstechnik, 57. Jg. (1967), S. 179 - 186, S. 181
 - 3) Vgl. Muther, R.: Fabrikplanung, a.a.O., S. 63; Matthee, G.: Beschleunigung des Fertigungsflusses im Werkzeugmaschinenbau. In: Werkstattstechnik, 52. Jg. (1962), S. 462 - 472; Oeckl, O.: a.a.O., S. 695; Krippendorff, H.: a.a.O., S. 46ff.; Tully, H./Rossel, A.: Der Fertigungsfluß als Grundlage der Werkplanung einer Werkzeugmaschinenfabrik. In: Werkstatt und Betrieb, 97. Jg. (1964), S. 5 - 11, S. 9; Opitz, H.: Teilefamilienfertigung. In: Zeitschrift für wirtschaftliche Fertigung, 62. Jg. (1967), S. 101 - 111, S. 109; siehe ferner Görsch, J./Riege, W.: Materialfluß in der Einzelfertigung des Maschinenbaus, Wiesbaden 1958, S. 174; Riege, W.: Materialfluß in der Einzelfertigung. In: Zeitschrift für wirtschaftliche Fertigung, 55. Jg. (1960), S. 49 - 55, S. 53f.; derselbe: Stetigförderer in Betrieben mit Einzel- und kleiner Reihenfertigung. In: Werkstattstechnik, 49. Jg. (1959), S. 276 - 282, S. 281

gungswege mit flexibler Verknüpfung, bei denen Handarbeitsplätze aufeinanderfolgen, sind seltener. Ein Beispiel hierfür ist die Fertigmacherei ("Finish-Abteilung") in Schuhfabriken.

Bei dieser Fertigungsanordnung wird die an früherer Stelle erwähnte Möglichkeit der Zusammenfassung von ähnlichen Teilen angewendet, um zu höheren Stückzahlen zu gelangen, da im allgemeinen nur Kleinserienfertigung je Artikel vorliegt. "Um den Vorteil der durchlaufenden Serie auch für ... kleine Serien auszunutzen, hat sich die Gruppentechnologie entwickelt, mit der ähnliche Teile mit gleichen Arbeitsfolgen zu einer Teilefamilie zusammengefaßt werden".¹⁾

Bei allen Beispielen für Fertigungswege mit flexibler Verknüpfung kommen wir einer Fließfertigung in räumlicher Hinsicht bereits sehr nahe, es fehlt jedoch eine zeitliche Bindung, damit ist die gleichzeitige Bearbeitung mehrerer verschiedener Teile in der Straße erforderlich. Der Fertigungsweg mit flexibler Verknüpfung ist so als eine Zwischenform von Fließ- und Werkstattfertigung anzusehen. Von der Fließfertigung wurde die Anordnung der Arbeitsplätze in der Reihenfolge der Arbeitsgänge und von der Werkstattfertigung die gleichzeitige Fertigung mehrerer Teilearten auf verschiedenen Werkzeugmaschinen übernommen.²⁾

3. Der Fertigungsweg mit flexibler Verknüpfung - eine Fertigungsanordnung mit leicht überwiegenden Elementen der Werkstattfertigung

Bei dem Fertigungsweg mit flexibler Verknüpfung und mit Anlagenhäufigkeit ist vom Prinzip der Anordnung her eine

1) Krippendorff, H.: a.a.O., S. 47.

Es handelt sich dabei um eine "künstliche Erhöhung der Stückzahlen durch Zusammenfassung ähnlicher Serien zu Additiv- oder Scheinserien." Dill, P.: Die organisatorischen Probleme und Möglichkeiten im Zusammenhang mit der Teilefamilienfertigung. In: Industrielle Organisation, 34. Jg. (1965), S. 282 - 292, S. 282

2) Vgl. Mitrofanow, S.: a.a.O., S. 412

starke Verwandtschaft mit der Werkstattfertigung festzustellen. Die Fertigungsfolge ist nicht gebunden, es besteht aber eine flexible Verknüpfung der einzelnen Fertigungsstellen. Die Fertigungswege liegen nicht von vornherein fest, die Zahl der Kombinationsmöglichkeiten ist unterschiedlich je nach der Anlagenhäufigkeit. Eine zeitliche Bindung des Ablaufs besteht nicht, so daß es weiterhin zu einer Bildung von Zwischenlagern kommt, die jedoch geringer sind als bei der Anordnung der Werkstätten nach dem Fertigungsfluß, da die Produkte in Teillosen weitergegeben werden, so daß erstmals eine gewisse, wenn auch geringfügige Abkehr von der Werkstattfertigung in zeitlicher Hinsicht festzustellen ist, ihre Elemente überwiegen jedoch weiterhin.

Mit dem Fertigungsweg mit flexibler Verknüpfung ohne Anlagenhäufigkeit besteht vom Prinzip der Anordnung der Produktionsmittel her bereits eine gewisse Annäherung an die Fließfertigung. Die räumliche Bindung des Ablaufs haben wir als ungebundene Fertigungsfolge mit flexibler Verknüpfung bezeichnet, allerdings liegen die Fertigungswege je Produkt hier bereits von vornherein fest, so daß die Kombination der Maschinen immer in gleichbleibender Weise erfolgt. In zeitlicher Hinsicht besteht allerdings auch hier keine Bindung, die Erzeugnisse werden in Teillosen weitergegeben. Wir können diese Art der Fertigungsanordnung als eine Zwischenform von Fließ- und Werkstattfertigung ansehen. Von der Fließfertigung wurde die Anordnung der Produktionsmittel um eine Förderanlage herum übernommen, wenngleich die Maschinen und Arbeitsplätze noch nicht in der Reihenfolge der am Produkt durchzuführenden Fertigungsvorgänge angeordnet sind. Allerdings besteht noch keine zeitliche Bindung zwischen den einzelnen Fertigungsstellen. Dies und die gleichzeitige Fertigung mehrerer Teilearten auf verschiedenen Werkzeugmaschinen sind noch Elemente der Werkstattfertigung.¹⁾

1) Vgl. Mitrofanow, S.: a.a.O., S. 412

IV. Die mobile Fließfertigung

1. Allgemeine Grundlagen der mobilen Fließfertigung

Der Nachteil des Fertigungsweges mit flexibler Verknüpfung besteht darin, daß die Durchlaufzeit der Erzeugnisse ein Vielfaches der reinen Bearbeitungszeit beträgt, bedingt durch die Zwischenlagerung der Produkte in Teillösen. Es ist nun möglich, den Fertigungsablauf so zu gestalten, daß die Durchlaufzeit der Bearbeitungszeit nahezu entspricht, ohne daß man dabei auf die Vorteile einer flexiblen Fertigungsanordnung verzichten muß.

Die Produktionsmittel sind nach gleichen Verfahren angeordnet und die einzelnen Fertigungsstationen durch eine Förderanlage gekoppelt. Wesentlich ist aber, daß man sich nicht einer einheitlichen zusammenhängenden Förderanlage bedient, um die herum die einzelnen Maschinen gruppiert sind, wie beim Fertigungsweg mit flexibler Verknüpfung. Man verwendet stattdessen einzelne Förderelemente, wie z.B. Rutschen, die leicht geneigt sind und die zu einer Förderanlage zusammengesetzt werden. Auf diese Weise verbindet man die einzelnen Fertigungsstellen direkt miteinander, wie es der Ablauf für ein bestimmtes Produkt gerade erfordert, ohne daß ein mechanischer Antrieb der Förderanlage erforderlich ist. Die Verknüpfung der Fertigungsstellen besteht jedoch nicht von vornherein und zwangsläufig, sondern sie kann laufend verändert werden, je nach der Fertigungsfolge des zu formenden Teils. Denn die Förderanlage kann jederzeit wieder in ihre einzelnen Elemente zerlegt werden und zu einer neuen, anders verlaufenden Förderanlage kombiniert werden.¹⁾ Die einzelnen Elemente können durch Anfügen von gleichen Teilen auf jede benötigte Länge gebracht werden.²⁾

Auf diese Weise ist eine Fließfertigung bei einer Anordnung von Produktionsmitteln nach gleichem Verfahren möglich, wir wollen dies als "mobile Fließfertigung" bezeichnen.³⁾

1) Man kann hier von einer Art Baukastensystem sprechen.

2) Vgl. Voith, W.: a.a.O., S. 17

3) Es ist anzumerken, daß wir Veröffentlichungen hierüber nicht auffinden konnten.

2. Beispiele für eine mobile Fließfertigung

Wir wählen als Beispiel einen Betrieb, der Waschmaschinen herstellt. Diese Produkte bestehen in großem Maße aus sog. Stanzteilen, d.h. daß diese Teile ihre Form durch mehrere Stanzvorgänge erhalten.

In der Stanzerei stehen etwa 60 Excenter- und Ziehpressen. Sie sind in vier Gruppen aufgeteilt, je nach ihrer Druckkraft. Diese Gruppen bilden in dem Raum jeweils einen deutlich erkennbaren Maschinenblock. Diese vier Blöcke bestehen aus einer unterschiedlichen Anzahl von Maschinen, was eine kleine Übersicht verdeutlichen mag.

Gruppe I	:	bis zu 48 to Druckkraft	22 Maschinen
Gruppe II	:	bis zu 60 to Druckkraft	17 Maschinen
Gruppe III	:	bis zu 100 to Druckkraft	11 Maschinen
Gruppe IV	:	bis zu 150 to Druckkraft	8 Maschinen

Es wäre zu langwierig, wollten wir einen detaillierten Überblick über den Ablauf in der ganzen Stanzerei geben, da gleichzeitig 20 - 30 verschiedene Produkte gefertigt werden. Wir werden uns daher auf zwei Beispiele beschränken, wobei anzumerken ist, daß die Zahl der Maschinen, die zu einer zusammenhängenden Ablauffolge kombiniert werden, sehr variabel ist. Ein Teil kann nur zwei Fertigungsstellen beanspruchen, im äußersten Fall aber 13 Maschinen.

Wir wählen zunächst ein Teil, für das drei Fertigungsstationen erforderlich sind: Lochen des Bleches - Ausstanzen der Form - Aufbiegen des Teils an den Kanten. Für ein anderes Teil besteht diese Folge der Fertigungsoperationen: Stanzen der Ronde aus dem Stück - Ziehen der Ronde - Beschneiden - Lochen - Nachschlagen - Durchziehen.

Wir greifen nur diese beiden Fertigungsfolgen heraus und nehmen an, daß sie sich nur innerhalb von zwei Blöcken abspielen. Wir erhalten dann folgende Abbildung (siehe Seite 192).

Das Prinzip der Anordnung wird hier noch einmal deutlich, nämlich daß die einzelnen Maschinen nach einem bestimmten

Gesichtspunkt - hier nach der Druckkraft - zu Blöcken räumlich zusammengefaßt sind.

Der Mechanisierungsgrad der Produktionsmittel ist relativ gering, der Ablauf des Fertigungsvorgangs wird manuell gesteuert. Einlegen und Entnehmen der zu formenden Teile erfolgen manuell, ebenso wie das Ingangsetzen der Maschine bei jedem Stanzvorgang. Der Spezialisierungsgrad ist relativ gering, es handelt sich um eine Verfahrens-

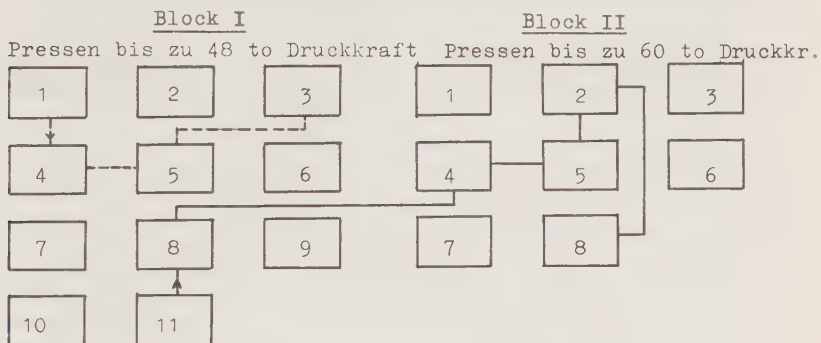


Abbildung 6

spezialisierung, somit um Einverfahren-Maschinen, die auf bestimmte Druckbereiche begrenzt sind.

Die Maschinen, die zur Formgebung eines bestimmten Teils benötigt werden, brauchen, wie aus unserer Darstellung ersichtlich ist, nicht unbedingt räumlich unmittelbar aufeinander zu folgen, da die einzelnen Fertigungsstellen über Rollenbahnen direkt miteinander verbunden werden. Diese Fördermittel sind ortsbeweglich, es handelt sich um transportable und zerlegbare Fördereinheiten oder Förderelemente, die für eine bestimmte Transportfolge wahlweise zu einer Förderanlage zusammengestellt werden können. Der Transport der Teile geht ohne mechanische Kräfte vor sich, da sie sich auf den leicht geneigten Rollenbahnen selbsttätig zur nächsten Fertigungsstelle bewegen. Dort werden sie von der Arbeitskraft aufgenommen und gelangen nach Fertigstellung des Fertigungsvorgangs wieder auf eine Rollbahn,

die das Teil zur nächsten Maschine befördert. Die Rollbahnen können die verschiedenen Fertigungsstellen über mehrere Meter hinweg verbinden. Die Transportrichtung kann geradlinig, kreisförmig oder kreuzweise verlaufen, ein Transportstrom kann sich auch mit einem anderen kreuzen. Der Ablauf ist daher gebunden, weil die Produktionsmittel direkt und unmittelbar über die Rollenbahnen miteinander verbunden sind. Da meist Fertigungsstationen übersprungen werden, ist der Ablauf nicht geschlossen. Da die einzelnen Maschinen in fast beliebiger Weise miteinander verbunden werden können, liegt eine flexible Verknüpfung der Fertigungsstellen vor. Zwar besteht von vornherein kein vorbestimmter Fertigungsweg für ein Produkt und auch die Kombination der Produktionsmittel wechselt. Kennzeichnend ist aber, daß die Fertigungsstellen, die für die Formgebung eines bestimmten Teils erforderlich sind, mit Hilfe einer Förderanlage direkt und für eine gewisse Zeitdauer auch zwangsläufig miteinander verknüpft sind. Die Fertigungsstationen können in einem Block, in zwei oder auch in allen vier Blöcken liegen. Es ist möglich, daß der Fertigungsweg von einem Block zum anderen und wieder zum ersten zurückführt, so daß keine einheitliche sondern eine wechselnde Ablaufrichtung besteht, die in manchen Fällen zu Zick-Zack-Wegen führt. In jedem Fall wird aber eine direkte Verbindung der einzelnen Stationen hergestellt, wenn auch die Produkte beim Überspringen von Maschinen beträchtliche Transportwege zurückzulegen haben. Wir wollen eine zusammenhängende Folge von Fertigungsstationen als "mobilen Fließweg" bezeichnen. Die Mobilität wird hier durch die besonders gestalteten Fördermittel erreicht.

Neben der räumlichen besteht hier auch eine zeitliche Bindung zwischen den einzelnen Fertigungsstellen. Die Zeit, die für einen Vorgang benötigt wird, ist an allen Stellen im wesentlichen gleich, wenn man von gelegentlichen, geringfügigen Unterschieden absieht. Auf Grund der sehr kurzen Dauer eines Stanzvorgangs - er beträgt nur wenige Sekunden - werden die geformten Teile nicht einzeln sondern

satzweise weitergegeben, so daß kurzzeitig Zwischenlager entstehen.

Die mobile Fließfertigung erlaubt die Herstellung von Produkten in einer Fertigungsanordnung, die einer Fließfertigung bereits sehr nahe kommt, ohne daß dabei die Beweglichkeit der Fertigung erheblich eingeschränkt wird. In diesem Betrieb werden zwischen 300 und 400 verschiedene Stanzteile in der Stanzerei gefertigt. Die Losgrößen je Teil reichen von 3.000 bis 8.000 und in Einzelfällen bis zu 50.000 Stück. Die Zahl der Fertigungsstellen, die für ein Produkt beansprucht werden, schwankt zwischen 2 und 13, und auch die Fertigungsfolge für die einzelnen Teile ist außerordentlich unterschiedlich. Dennoch ist es möglich, die Erzeugnisse auf Fließwegen herzustellen. Die Voraussetzung der Einführung sind bei Stanzvorgängen wahrscheinlich besonders günstig, da fast alle Fertigungsvorgänge eine annähernd gleiche Fertigungsdauer pro Stück aufweisen.¹⁾

Weitere Beispiele für diese Art der Fertigungsanordnung konnten nicht gefunden werden.

In diesem Zusammenhang ist noch auf eine Sonderform der Fertigungsanordnung hinzuweisen, die einer Fließfertigung bereits sehr nahe kommt. Wie bei den vorhergehenden Erscheinungsformen gibt es auch hier den Grenzfall, daß alle Maschinen nur einmal vorhanden sind, wie z.B. in der Näherei einer Bekleidungsfabrik. Die Nähmaschinen sind so aufgestellt, wie es die Fertigungsfolge eines bestimmten Artikels erfordert. Erfolgt ein Wechsel und wird damit eine Änderung der Aufeinanderfolge der Fertigungsstellen nötig, dann werden die Maschinen räumlich umgestellt und dort angeordnet, wo sie benötigt werden. Dies ist relativ leicht möglich, da es sich um leichte Maschinen handelt, die daher auch keine feste Verankerung benötigen. Auch hier liegt ein mobiler Fertigungsweg vor, mit der Besonderheit, daß die Zahl der Kombinationsmöglichkeiten wesentlich geringer ist.

1) Vgl. a. Lauke, H.L.: Für und Wider ..., a.a.O., S. 44

Wir können somit zwei Arten des mobilen Fließwegs unterscheiden. Im einen Fall ist diese Fertigungsanordnung möglich auf Grund der Beweglichkeit der Fördermittel, während sie im zweiten Fall mit Hilfe der Mobilität der Produktionsmittel erreicht wird.

3. Die mobile Fließfertigung - eine Fertigungsanordnung mit stark überwiegenden Elementen der Fließfertigung

Wenn wir zunächst nur das Prinzip der Anordnung betrachten, liegt hier eine Werkstattfertigung vor, da die einzelnen Maschinen nach gleichem Verfahren und nach gleichem Leistungsbereich blockweise zusammenstehen.

Bei der räumlichen Bindung handelt es sich um eine gebundene, aber nicht geschlossene Fertigungsfolge mit flexibler Verknüpfung. Es gibt keine vorbestimmten Fertigungswege, die einzelnen Maschinen können in wechselnder Weise miteinander zu einer Fertigungsfolge kombiniert werden. Um den räumlichen Ablauf bei dieser Fertigungsanordnung noch deutlicher zu machen, wollen wir die mobile Fließfertigung dem Fertigungsweg mit flexibler Verknüpfung gegenüberstellen, um so die Unterschiede zwischen beiden Fertigungsanordnungen stärker hervortreten zu lassen.

Während bei der mobilen Fließfertigung (Beispiel: Stanzei) die einzelnen Stationen einer Fertigungsfolge gleichzeitig miteinander verbunden sind und diese Verknüpfung auch konkret sichtbar wird, da eine Förderanlage die einzelnen Stellen direkt und unmittelbar verbindet, sind beim Fertigungsweg mit flexibler Verknüpfung (Beispiel: Steppei) die Fertigungsstellen nicht gleichzeitig sondern zeitlich nacheinander verbunden. Da die einzelnen Stationen einer Fertigungsfolge hier nicht unmittelbar miteinander verknüpft sind sondern nur indirekt über die Förderanlage, wird die Verbindung zwischen den Fertigungsstellen hier nicht sichtbar. Gleich ist bei beiden Fertigungsanordnungen, daß die Fertigungsstellen flexibel verknüpft sind. Der wesentliche Unterschied zwischen beiden Fertigungsanordnungen liegt darin, daß bei mobiler Fließfertigung eine räumlich gebundene Fertigungsfolge besteht, während beim Fertigungsweg mit flexibler Verknüpfung keine räumliche

Bindung vorliegt. Auch in der Art der zeitlichen Bindung besteht zwischen beiden Fertigungsanordnungen ein wesentlicher Unterschied. Während bei der mobilen Fließfertigung die Dauer der einzelnen Fertigungsoperationen annähernd gleich ist, sind die Zeiten beim Fertigungsweg mit flexibler Verknüpfung nicht aufeinander abgestimmt.

Bei der mobilen Fließfertigung bzw. bei den einzelnen mobilen Fließwegen besteht eine genaue zeitliche Bindung zwischen den einzelnen Fertigungsstationen.

Bei der mobilen Fließfertigung überwiegen also insgesamt die Eigenschaften der Fließfertigung, wenn auch noch gewisse Elemente der Werkstattfertigung vorhanden sind. Bei dem mobilen Fließweg auf Grund der Beweglichkeit der Produktionsmittel ist die Annäherung an die Fließfertigung schon besonders deutlich.

V. Der offene Fließweg

1. Allgemeine Grundlagen des offenen Fließweges

Der offene Fließweg ist eine Fertigungsanordnung, bei der die Prinzipien der Fließfertigung bereits in starkem Maße verwirklicht sind. Die Maschinen sind in einer Reihe entsprechend der Fertigungsfolge aufgestellt. Es werden aber mehrere Produkte gefertigt, die in ihrer Fertigungsfolge ähnlich sind. Denn die Bearbeitung nur eines Produktes wäre nicht ausreichend, um die Maschinen in dem Fließweg voll auszulasten. Charakteristisch ist daher, daß "die Produktionsmittel so aufgestellt sind, wie es die größere Zahl der herzustellenden verschiedenartigen Erzeugnisse verlangt."¹⁾ Die Fertigungsfolge ist für das einzelne Produkt nicht geschlossen, sondern es können Fertigungsstationen übersprungen werden, oft handelt es sich dabei um Sondermaschinen, die nur für bestimmte Typen benötigt werden. Ein Produkt kann auch zu einer Maschine zu-

1) Feuerbaum, E.: a.a.O., S. 46

rückgeführt werden, die es bereits passiert hat.¹⁾ Da die Fertigungsfolge somit gebunden, aber nicht geschlossen ist, wollen wir von einem "offenen Fließweg" sprechen.²⁾

2. Beispiele für einen offenen Fließweg

Wir wählen zunächst ein Beispiel aus einer Motorenfabrik, und zwar die Bearbeitung eines Zylinderkopfes. Der Fließweg ist eingerichtet für die Fertigung von zwei Grundtypen und deren Varianten. Der Fließweg umfaßt Maschinen für folgende Fertigungsoperationen:

1. Justierbohren
2. Fräsen aller Flächen
3. Sondermaschine: Fräsen an Stirnseite
4. Bohren der unteren Zylinderkopfseite
5. Bohren der oberen Zylinderkopfseite
6. Vorbohren der beiden Längs- und Hochkantstirnseiten
7. Fertigbohren der beiden Längs- und Hochkantstirnseiten
8. Sondermaschine: Bohren der oberen Zylinderkopfseite
9. Vorbohren der restlichen Löcher
10. Fertigbohren der restlichen Löcher
11. Vorfeinfräsen
12. Vorbohren der Düsenbohrung
13. Fertigbohren der Düsenbohrung
14. Sondermaschine: weitere Bearbeitung der Düsenbohrung
15. Bohren der Kernlöcher
16. Gewindeschneiden
17. Waschen

-
- 1) Vgl. Mellerowicz, K.: Betriebswirtschaftslehre ..., a.a.O., S. 105 f., s.a. Hake, A.: a.a.O., S. 65 f
 - 2) In Anlehnung an den Begriff der "offenen Reihe" von Hake, A.: Planung moderner Industrieanlagen. In: Betriebsleiterhandbuch, München 1963, S. 43 - 90, S. 65. Mellerowicz bezeichnet diesen Fall als Linien- oder Straßenfertigung. Vgl. Mellerowicz, K.: Betriebswirtschaftslehre ..., a.a.O., S. 105. Fassbender spricht hier von "verzahnten Fertigungsreihen". Vgl. Fassbender, W.: Betriebsindividuelle Kostenerfassung und Kostenauswertung, Frankfurt a.M., 1964, S. 92

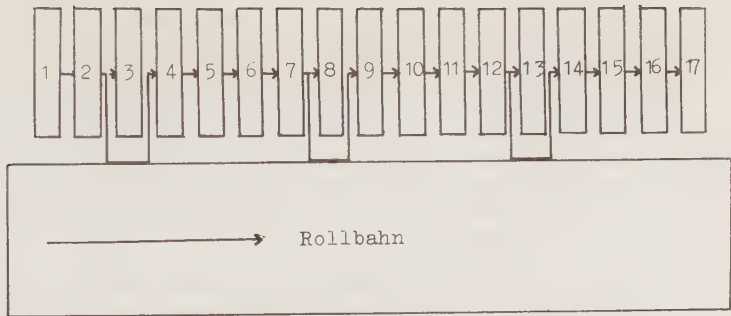


Abbildung 7

Die Maschinen sind in einer Reihe entlang einer Rollbahn aufgestellt, so wie es die Fertigungsfolge der verschiedenen Produkte erfordert.

Die Mechanisierung der Produktionsmittel ist relativ weit fortgeschritten, die Steuerung des Ablaufs erfolgt automatisch, nur beim Einlegen und Entnehmen der Teile und bei der Weitergabe ist die menschliche Arbeitskraft erforderlich. Die Maschinen sind auf die Bearbeitung gleichartiger Produkte spezialisiert und daher als Mehrprodukt-Maschinen zu bezeichnen, die Fließstrecke insgesamt stellt eine Mehrprodukt-Straße dar.

Es liegt eine räumlich gebundene, aber nicht geschlossene Fertigungsfolge mit starrer Verknüpfung vor. Es können Stationen übersprungen werden, in unserem Beispiel sind die Maschinen 3, 8 und 14 Sondermaschinen, die nicht für alle Ausführungen benötigt werden. Es kommt auch eine Rückführung an eine bereits passierte Fertigungsstelle vor, so ist bei einer bestimmten Zylinderkopftype erforderlich, daß sie nach dem Fertigungsgang 11 noch einmal zur Station 10 zurückkehrt. Die Fertigungswege liegen also von vornherein fest. Die zu bearbeitenden Teile werden auf Rollbändern zur nächsten Fertigungsstation weitergegeben. An den Stellen, an denen eine Fertigungsstation übersprungen werden muß, ist ein zusätzliches Rollenband vorhanden, das

die direkte Verbindung mit der folgenden Station herstellt.

Die zeitliche Bindung des Ablaufs kann als zeitlich locker bezeichnet werden. Die Teile werden stückweise weitergegeben, es fehlt die genaue zeitliche Abstimmung aller Fertigungsstationen. Zwar versucht man, eine ungefähre zeitliche Angleichung zu erreichen, was jedoch an einzelnen Stellen nicht gelingt.¹⁾ Dies mag daran liegen, daß bei bestimmten Fertigungsoperationen eine beliebige Zusammenfassung oder Zerlegung von Arbeitsgängen nicht möglich ist.²⁾ Auf Grund der zeitlich lockeren Bindung der einzelnen Vorgänge sind Zwischenlager auf den Rollenbändern nicht zu vermeiden,³⁾ die als Ausgleichsläger dienen. Dabei kann es vorkommen, daß vor Fertigungsstationen mit längerer Zeitdauer die Teile sich stauen, während bei den übrigen die Zwischenlagerbildung relativ gering ist.

Offene Fließwege finden sich vor allem bei der Teilefertigung in der metallbearbeitenden Industrie.⁴⁾ Daneben tritt sie auch auf in der Bekleidungsindustrie.

Die Maschinen sind dann entlang einer Schiebebahn aufgestellt oder so, "daß das Nähgut mittels schräggestehender Transportrutschen von Platz zu Platz weitertransportiert ... wird."⁵⁾ Sie sind dann nicht symmetrisch geradlinig angeordnet, sondern jeweils in einem Winkel zueinander, da die Rutschen "hinter einer Nähmaschine beginnen und zeitlich neben der bedienenden Person der nächsten Nähma-

1) Vgl. a. Mellerowicz, K.: Betriebswirtschaftslehre ..., a.a.O., S. 106

2) Vgl. ebenda, S. 134 f.

3) Vgl. ebenda, S. 135

4) Vgl. auch das Beispiel bei Mellerowicz, K.: Betriebswirtschaftslehre ..., a.a.O., S. 139; siehe auch Kalveram, W.: Industriebetriebslehre, a.a.O., S. 291 f.

5) Donner, E.: Handbuch ..., a.a.O., S. 127

schine enden."¹⁾ Der Vorteil dieser Anordnung liegt darin, daß eine bessere Raumausnutzung als bei anderen Aufstellungsformen möglich ist. Auch hier können Fertigungsstellen übersprungen werden. Man läßt dann eine gewisse Menge zusammen kommen, ehe die Teile bündelweise von einer Transportarbeiterin weitergetragen werden, da ein stückweiser Transport unzweckmäßig wäre.²⁾

3. Der offene Fließweg - eine räumlich und zeitlich lockere Form der Fließfertigung

Der offene Fließweg stellt nach der Anordnung der Maschinen bereits eine reine Form der Fließfertigung dar. Auch der Ablauf in räumlicher und zeitlicher Hinsicht enthält ausschließlich Elemente der Fließfertigung, es handelt sich somit auch nicht mehr um eine Kombination von Elementen zweier Fertigungssysteme wie in den vorherigen Fällen. Allerdings ist die räumliche und zeitliche Bindung des Ablaufs noch locker.

-
- 1) Schwab, R.: Fertigungsweisen ..., a.a.O., S. 2. Diese Anordnung wird in der Bekleidungsindustrie auch als "Synchro-System" bezeichnet. Vgl. hierzu im einzelnen: Herrscher, W.: Neue Fließfertigungsmethode in der Schaftabteilung der Schuhfabrikation. In: Das ABC der Schuhfabrikation, 1937, S. 369 - 372; Jung, O.: a.a.O., S. 53 ff.; Mankertz, F.: Massenfertigung in der Bekleidungsindustrie, Diss., Frankfurt a.M. 1945, S. 81 f.; Stotz, G.: Das Synchro-System - das organische Mehrleistungssystem für die Steppereien. In: Schuhtechnik, 1952, S. 105 - 108; Jakeschky, W.: Das Synchro-System als Fließfertigungsverfahren in der Bekleidungsindustrie. In: Rationalisierung, 2. Jg. (1951), S. 158 - 159; Augustin, W.: Rationalisierungsrreserven in der deutschen Bekleidungsindustrie, Berlin - Köln - Frankfurt a.M. 1964, S. 66 f.
 - 2) Vgl. hierzu auch Mellerowicz, K.: Betriebswirtschaftslehre ..., a.a.O., S. 140

VI. Die geschlossene Fließreihe

1. Allgemeine Grundlagen der geschlossenen Fließreihe

Die geschlossene Fließreihe stellt die volle Verwirklichung der Fließfertigung dar.¹⁾ Wesensmerkmal "ist die ununterbrochene, gleichmäßige und gleichartige Aufeinanderfolge der an jedem einzelnen Produkt vorzunehmenden Arbeitsgänge."²⁾ Da alle Fertigungsstationen direkt hintereinander liegen und von jedem Produkt in dieser Reihenfolge durchlaufen werden müssen, also eine geschlossene Fertigungsfolge besteht, wollen wir diese Erscheinungsform der Fließfertigung als "geschlossene" Fließreihe bezeichnen.³⁾

Die Ausprägungen dieser Erscheinungsform sind recht vielfältig. Wir können zunächst zwei Hauptgruppen feststellen: Es gibt geschlossene Fließreihen mit zeitlich strenger und mit zeitlich lockerer Bindung.⁴⁾ Den ersten Fall bezeichnen wir als Fließstraße, während wir bei einer zeitlich lockeren Bindung von einem geschlossenen Fließweg sprechen. Es ist anzumerken, daß häufig in der Literatur wie in der Praxis allein die Fließstraße als Fließfertigung verstanden wird. Wir können sie daher auch als Fließfertigung im engeren Sinn bezeichnen.

Innerhalb dieser beiden Gruppen können wir jeweils maschinelle und manuelle Fließfertigung unterscheiden, je

1) Vgl. a. Kalveram, W.: Industriebetriebslehre ..., a.a.O., S. 36

2) Mellerowicz, K.: Betriebswirtschaftslehre ..., a.a.O., S. 105

3) Vgl. a. Hake, O.: a.a.O., S. 66

4) Vgl. a. Hennig, K.W.: Betriebswirtschaftslehre ..., a.a.O., S. 52. Gutenberg bezeichnet diese beiden Fälle als Reihenfertigung mit bzw. ohne Zeitzwang. Vgl. Gutenberg, E.: a.a.O., S. 99. Wir finden ferner die Bezeichnungen "ungebundene" bzw. gebundene Fließarbeit". Vgl. z.B. Sokol, G.: a.a.O., S. 983 f. sowie "frei bestimmbare" und "diktierte fortschreitende Fließarbeit". Vgl. Pentzlin, K.: Arbeiterationalisierung, a.a.O., S. 144.

nachdem ob der Mensch oder das Produktionsmittel Träger der Fertigung ist.¹⁾ Bei maschineller Fließfertigung können wir nach dem Grad der Mechanisierung der Produktionsmittel bedienungsabhängige Fließreihen²⁾ und selbsttätige Fließreihen, die auch Transferstraßen genannt werden, unterscheiden. Während im ersten Fall der Mensch bei der Durchführung der Fertigung in mehr oder minder starkem Maße - je nach dem Grad der Mechanisierung - erforderlich ist, handelt es sich bei Transferstraßen um eine "Anordnung der Betriebsstationen hintereinander mit automatischem Werkstücktransport und automatischer Be- und Entladung sowie Festspannung der Werkstücke einschließlich der notwendigen Meß- und Kontrollstationen."³⁾

Fließreihen mit selbsttätigem Ablauf werden vielfach auch als "Fertigungskette" bezeichnet.⁴⁾ Hierbei ist eine lose und eine starre Verkettung der Stationen zu unterscheiden. "Bei der losen Verkettung sind die einzelnen Glieder einer Fertigungskette in ihren Zubringe- und Bearbeitungskreisläufen voneinander unabhängig und steuern sich selbst. Die Verkettung wird hier nur durch die Werkstückzubringeeinrichtungen bewirkt. Zwischen den ... Bearbeitungseinrichtungen kann eine beliebige Zahl von Werkstücken gespeichert ... werden. Bei der starren Verkettung sind die Glieder der Fertigungskette in ihren Zubringekreisläufen abhängig voneinander, während sie in den Bearbeitungskreisläufen voneinander abhängig oder auch unabhängig sein können. Die Verkettung wird durch die Werkstückzubringeeinrichtung und eine gemeinsame Steuereinrichtung bewirkt."⁵⁾ Wichtig ist, daß bei loser

-
- 1) Es kann aber auch vorkommen, daß in einer Fließstraße Hand- und Maschinenarbeitsplätze zusammen auftreten. Vgl. Kettner, H.: Einige Probleme des Zusammenhangs zwischen Fertigungsfluß und Fabrikanlagen. In: Werkstattstechnik, 55. Jg. (1965), S. 209 - 214, S. 211
 - 2) Vgl. Faensen, H./Hoffmann, H.: a.a.O., S. 26
 - 3) Pötschke, H.: Verkettete Maschinen, Hamburg - Berlin - Bonn 1961, S. 18; vgl. hierzu auch: Grochla, E.: Automatisierung. In: HdSW, 12. Bd., S. 530 - 544. S. 533 f.
 - 4) Vgl. z.B. Kettner, S.: Verkettung von Fertigungseinrichtungen - Begriffe, Kennzeichen, Anforderungen. In: Werkstattstechnik, 49. Jg. (1959), S. 126 - 128, S. 126
 - 5) Ebenda, S. 126

Verkettung zwischen den Fertigungsstationen Werkstückmagazine als Puffer gegen Störungen eingeschaltet sind. Bei Ausfall einer Maschine können die übrigen weiterarbeiten, so daß die Störungszeiten niedrig gehalten werden können. In den meisten Fällen sind daher die Taktzeiten der verschiedenen Stationen nicht gleich, so daß wir hier von einer zeitlich lockeren Bindung sprechen können.¹⁾ Wenn bei starrer Verkettung eine der Fertigungseinrichtungen ausfällt, können die übrigen Stationen nicht mehr weiterarbeiten, da bei Ausfall einer Maschine die ganze Straße sofort automatisch stillsteht.²⁾ Innerhalb einer Fertigungskette können auch Kombinationen zwischen starrer und loser Verkettung auftreten.³⁾

Da bei der Transferstraße "der Transport und die verschiedenen Arbeitsgänge sinnvoll aufeinander abgestimmt sein müssen, ist die bisher mehr oder weniger untergeordnete Stellung der Transporteinrichtung nicht mehr gegeben. Sie ist vielmehr zu einem sehr wichtigen Teil der Maschinenanlage geworden."⁴⁾ Hammer bezeichnet daher eine Transferstraße auch als "Kettenmaschine", "da hier tatsächlich Maschinen und Werkstücktransport und -handhabung zu einem Ganzen integriert sind."⁵⁾

1) Vgl. Stubenrecht, A.: a.a.O., S. 48

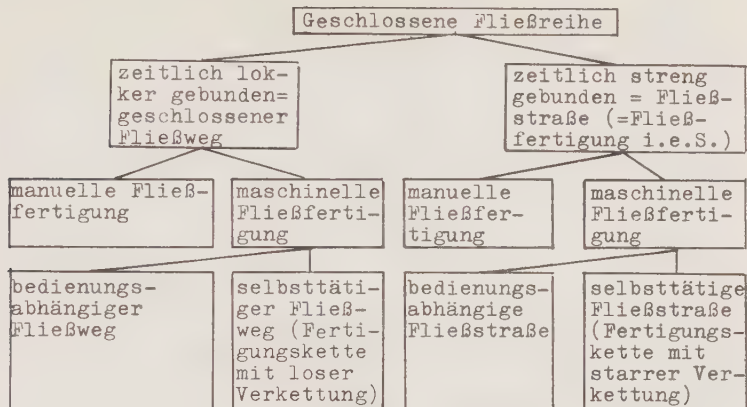
2) Vgl. Dolezalek, C.M.: Automatisierung ..., a.a.O., S. 1078. Vielfach wird nur der Fall der Fließstraße mit starrer Verkettung als Transferstraße bezeichnet. Vgl. z.B. Riebel, P.: Industrielle ..., a.a.O., S. 159. Vgl. zum Begriff der Transferstraße im übrigen: Waffenschmidt, W.: Automation, a.a.O., S. 10 f.; Hammer, M.: Vergleichende ..., a.a.O., S. 10 ff.; Schachtschabel, H.G.: a.a.O., S. 33 ff.; Grochla, E.: a.a.O., S. 34 f.; siehe auch Dolezalek, C.M./Müller-Lobeck, E.: Zubringe- und Verkettungseinrichtungen in der Blechverarbeitung. In: Werkstattstechnik, 57. Jg. (1967), S. 64 - 68, S. 67 f.; Domke, E.: Die Zusammenfassung automatischer Elemente zu Fertigungssystemen. In: Werkstattstechnik, 57. Jg. (1967), S. 121 - 123

3) Vgl. Heillingbrunner, O.: a.a.O., S. 154 f.

4) Goebel, H.: Das Transportproblem bei selbsttätigen Maschinenfließreihen. In: Fördern und Heben, 2. Jg. (1952), S. 195 - 201, S. 196

5) Hammer, M.: Vergleichende ..., a.a.O., S. 10 f.

Wenn wir die verschiedenen Formen der geschlossenen Fließstraße zusammenfassen, erhalten wir folgende Übersicht:



Übersicht 5

2. Beispiele für geschlossene Fließreihen

a) Der geschlossene Fließweg

aa) Die manuelle Fließfertigung

Als erstes Beispiel wollen wir die Montage eines Spielzeugautos heranziehen, für das folgende Arbeitsvorgänge erforderlich sind:

1. Einnieten der Türen
2. Aufsetzen der Scheiben, Vorderstoßstangen und anderer Teile. (Damit ist die Karosserie des Autos fertiggestellt.)
3. Einsetzen von Schalthebel, Schaltplatte usw.
4. Aufmontieren des Federwerkmotors auf Chassis
5. Einsetzen der Lenkung und der übrigen beweglichen Teile
6. Kontrolle der Schaltung und des Federwerks
7. Anbringen des Vorder- und Rücksitzes. (Damit ist das Chassis fertiggestellt.)
8. Zusammenschrauben von Karosserie und Chassis
9. Kontrolle
10. Verpackung

Die Arbeitskräfte sind an einem Tisch entsprechend der Aufeinanderfolge der Montagevorgänge angeordnet.

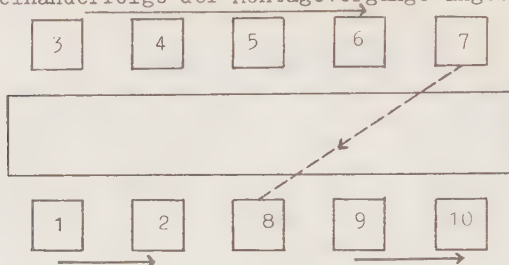


Abbildung 8

Die bearbeiteten Teile werden stückweise mit der Hand zum nächsten Arbeitsplatz weitergeschoben. Das fertig montierte Chassis jedoch wird nach dem Arbeitsgang 7 satzweise auf die andere Seite zu Arbeitsplatz 8 gebracht, da eine stückweise Weitergabe unrationell wäre. Es besteht eine räumlich gebundene Fertigungsfolge, bei der die Verknüpfung auf Grund der Mobilität der Arbeitskräfte flexibel ist. Es besteht eine zeitlich lockere Bindung, so daß es zwischen den Arbeitsplätzen zur Bildung von Zwischenlagern kommt. Sie entstehen auf Grund der unterschiedlichen Zeitdauer je Arbeitsplatz und erfüllen eine Ausgleichsfunktion. Eine genaue Abstimmung wäre wegen des häufigen Wechsels der Produkte wirtschaftlich nicht vertretbar. Bei den Arbeitskräften handelt es sich um angelernte Arbeiterinnen, deren Grad der Universalität wir als eingeschränkte, aber latent vorhandene Universalität bezeichnen können. Wenn ein neuer oder anderer Artikel gefertigt wird, ist eine gewisse Anlernzeit erforderlich. Da die Montagevorgänge hier recht einfach und ähnlich sind, beträgt die Anlernzeit im Durchschnitt etwa einen halben Tag.

Wir finden diese Art der Fließfertigung häufig bei der Montage von Produkten mit relativ geringer Größe, z.B. auch bei der Zusammenfügung der einzelnen Elemente zu Kugellagern.

Es ist kurz auf ein etwas anderes gelagertes Beispiel aus einer Polstermöbelfabrik hinzuweisen. Die Erzeugnisse werden in einem geschlossenen Fließweg fertiggestellt, so werden hier alle Polster- und Beziehvorgänge ausgeführt. Die Arbeit ist aufgeteilt auf 6 - 8 Facharbeiter, je nach dem Fertigungsumfang bei den verschiedenen Produkten. Während die Taktzeit im vorher genannten Beispiel 20 - 30 Sekunden betrug, erfordert hier ein Arbeitsplatz eine Fertigungsdauer von 20 - 30 Minuten. Die Weitergabe der Halbfabrikate erfolgt manuell, die Bearbeitung wird auf Holzböcken vorgenommen, die beliebig verschoben werden können.

Die Fertigungsvorgänge werden von Facharbeitern ausgeführt, die einen hohen Grad der Universalität aufweisen, so daß jeder von ihnen an jeder Stelle ohne das Erfordernis einer Anlernzeit eingesetzt werden kann. Wegen der stark wechselnden Fertigung verzichtet man hier auf eine genaue zeitliche Abstimmung. Ihr Fehlen äußert sich in diesem Fall allerdings nicht in dem Entstehen eines Zwischenlagers, da es sich um relativ große Erzeugnisse handelt. Der Arbeiter wird sich daher bei den Arbeitsvorgängen etwas mehr Zeit lassen können, wenn die Fertigungsdauer an seinem Platz etwas geringer ist als bei den übrigen.

Als ein Sonderfall ist ein Montageablauf anzusehen, bei dem die Fertigungsdauer am einzelnen Arbeitsplatz mehrere Stunden oder sogar Tage dauern kann, wie z.B. bei der Montage von Großobjekten wie Güterwagen, Omnibussen, Werkzeugmaschinen, Flugzeugen usw. Im Prinzip handelt es sich dabei zwar um Fließreihen, deren Eigenarten und Probleme jedoch denen der Baustellenfertigung ähnlicher sein dürften.

bb) Die maschinelle Fließfertigung

(1) Der Bedienungsabhängige Fließweg

Als weiteres Beispiel wollen wir die Bearbeitung des Gehäuses einer Dampfarmatur schildern, wobei folgende Fertigungsvorgänge zu durchlaufen sind:

1. Drehen der Anschweißenden
2. Drehen der Sitzfläche
3. Bohren der Nennweite
4. Aufschweißen einer Metallegierung auf die Sitzfläche und Schleifen (= "Panzerern")
5. Überdrehen der "Panzerung"
6. Bohren des Deckelflanschloches

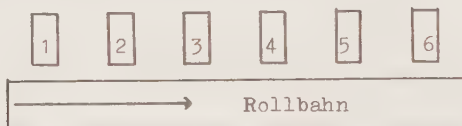


Abbildung 9

Die Maschinen sind in einer Reihe entlang einer Rollbahn angeordnet. Jedes Werkstück muß jede Maschine durchlaufen, so daß eine gebundene und geschlossene Fertigungsfolge mit starrer Verknüpfung gegeben ist. Eine zeitlich strenge Bindung zwischen den Fertigungsstationen besteht nicht, so daß es zwischen den Arbeitsplätzen zur Bildung von Zwischenlagern kommt. Eine genaue zeitliche Abstimmung ist wegen des Wechsels der Fertigung nicht möglich. Eine besonders "kritische" Fertigungsoperation stellt der Vorgang des "Panzerens" dar, da er eine längere Fertigungsdauer als die übrigen Vorgänge benötigt, und außerdem das Teil nach diesem Vorgang eine gewisse Zeit lagern muß, um abzukühlen, so daß es nach dieser Stelle zu einer umfangreicheren Bildung von Zwischenlagern kommt.

Der Spezialisierungsgrad dieses Fließweges ist relativ hoch, denn alle Maschinen sind auf die Form des zu fertigenden Produkts ausgerichtet das allerdings unterschiedliche Abmessungen aufweisen kann. Es handelt sich somit um einen Mehrproduktweg, bei der der Ablauf der Maschinen automatisch gesteuert wird. Beispiele finden sich vor allem in der metallverarbeitenden Industrie bei der Teilefertigung, aber auch in hölzverarbeitenden Betrieben.¹⁾

1) Vgl. die Beispiele bei Gregor, H.: Maßnahmen für den Fertigungsaufbau in Maschinenstraßen. In: Wirtschaftliche Fertigung und Forschung, hrsg. von H. Opitz, München 1949, S. 150 - 162; Bläckenstein, C.: a.a.O., S. 319 f.

(2) Der selbsttätige Fließweg

Wir wollen noch kurz die Fertigung von Ringen für Kugellager betrachten. Es gibt bestimmte Typen, die in großen und gleichbleibenden Mengen nachgefragt werden, so daß sie auf einer Transferstraße bearbeitet werden können. Die Straße besteht aus mehreren Stationen, die miteinander lose verkettet sind. Infolge der einfachen geometrischen Formen ist der Transport zur nächsten Station in Förderrinnen möglich,¹⁾ die aber nicht nur der Weitergabe zur nächsten Maschine dienen, sondern gleichzeitig eine Speicherfunktion ausüben, so daß sich zwischen den Fertigungsstellen Störungspuffer befinden, die als Sicherheitslager dienen. Die Bindung der Stationen ist daher als zeitlich locker zu bezeichnen. Interessant ist an diesem Beispiel, daß der Ablauf so gestaltet wurde, daß von der ersten Station ab "jede folgende Maschine ... eine höhere Ausbringung hat als die vorhergehende und somit saugend wirkt bzw. bei kurzzeitigem Stillstand einzelner Maschinen die in dementsprechend dimensionierten Speichern gestapelte Ware aufgearbeitet wird."²⁾ Transferstraßen mit loser Verkettung findet man außer für Kugellager auch für Motorenteile und Zahnräder.³⁾

cc) Der geschlossene Fließweg - eine zeitlich lockere Form der Fließfertigung

Bei dieser Erscheinungsform der Fließfertigung sind von der Fertigungsanordnung und von der räumlichen Bindung des Ablaufs her alle Gegebenheiten einer strengen Fließfertigung gegeben, lediglich in zeitlicher Hinsicht ist

-
- 1) Vgl. a. Bücken, C.: Das Fertigen von Drehteilen auf lose verketteten Maschinen. In: VDI-Zeitschrift, 104. Jg. (1962), S. 845 - 854, S. 845
 - 2) o.V.: Automatische Fertigung von Wälzlagern im Wälzgerwerk Steyr. In: Technica, 15. Jg. (1966), S. 301 - 306, S. 303. Der Grund ist darin zu sehen, daß die Wahrscheinlichkeit einer Störung auf Grund des Ausfalls einer Maschine gegen das Ende der Straße hin zunimmt.
 - 3) Vgl. Spizig, S.: Vollselbsttätige Schleifmaschinen in Maschinen-Fließreihen. In: Werkstatt und Betrieb, 89. Jg. (1956), S. 192 - 194, S. 194

die Bindung zwischen den einzelnen Stationen locker, so daß es zur Bildung von Zwischenlagern kommt.

b) Die Fließstraße

aa) Die manuelle Fließfertigung

Beispiele für eine Fließstraße mit genauer zeitlicher Abstimmung finden sich sehr häufig bei der Montage von Maschinen, Apparaten, Geräten und Vorrichtungen aller Art, wie z.B. bei der Montage von Rechen- und Schreibmaschinen, Projektoren, Kühlschränken, Waschmaschinen, Automobilen, Motoren, Uhren, Radiogeräten usw. Da in fast allen Fällen an bzw. auf einem Förderband gearbeitet wird, bezeichnet man diese Form häufig auch als Fließbandfertigung. Vielfach denkt man in der Literatur und vor allem in der Praxis an diese Form, wenn man von der Fließfertigung spricht. Wir wollen diesen Fall nicht ausführlich erörtern, sondern verweisen auf die Beispiele in der Literatur.¹⁾

bb) Die maschinelle Fließfertigung

(1) Die bedienungsabhängige Fließstraße

Wir wählen als Beispiel die Fertigung eines Laugenbehälters für einen Waschautomaten, der folgende Fertigungsvorgänge benötigt:

1. Lochen des (bereits zugeschnittenen) Bleches
2. Runden des Bleches und Heften mit der Wanne
3. Längsnähte schweißen
4. Quetschen der Schweißnaht
5. Schneiden der Schweißnaht
6. Bürsten der Schweißnaht

1) Vgl. u.a. die Beispiele bei von Schütz, W.: Organische Betriebsgestaltung, 2. Aufl., Essen 1953, S. 69 ff.; Pentzlin, K.: Arbeitsrationalisierung, a.a.O., S. 107 f; Freitag, G.: Aus der Rationalisierungspraxis einer Pumpen- und Armaturenfabrik. In: Rationalisierung, 5. Jg. (1954), S. 121 - 125, S. 123 f.; Grünig, H.: Rationalisierung in der Praxis. In: Rationalisierung, 13. Jg. (1962), S. 88 - 93, S. 88 ff.; Faensen, H./ Hofmann, G.: a.a.O., S. 79 f.; S. 94 ff.

7. Bordrand drücken
8. Prägung des Teils
9. Heften der Winkel, der Versteifung etc.
10. Aufziehen der Vorderwand und Zusammenheften
11. Einziehen der kleinen Stutzen und Rundschweißen
12. Fertigschweißen der Winkel
13. Schweißnähte bürsten
14. Kleine Stutzen einlöten
15. Kontrolle (auf einem Prüfstand)

Die Maschinen sind entsprechend der Fertigungsfolge nacheinander angeordnet, eine Besonderheit liegt aber darin, daß die einzelnen Stationen nicht durch eine Förderanlage miteinander verbunden sind, sondern daß die Weitergabe manuell erfolgt, denn "auch ohne mechanische Transportmittel kann im Takt gearbeitet werden."¹⁾ So ergibt sich folgende Fertigungsanordnung, wobei die Zahlen den angeführten Fertigungsvorgängen entsprechen:

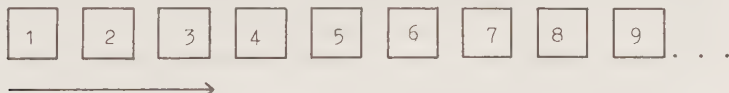


Abbildung 10

Die Fertigungsfolge ist gebunden und geschlossen bei starrer Verknüpfung der Fertigungsstellen.

Die einzelnen Fertigungsstationen sind zeitlich genau aufeinander abgestimmt - die Taktzeit beträgt etwas mehr als eine Minute - so daß eine Entstehung von Zwischenlagern nicht vorgesehen ist.

Der Mechanisierungsgrad der Maschinen ist unterschiedlich. Wir finden bei den Schweißvorgängen eine manuelle Führung des Werkstücks, bei den übrigen Vorgängen eine maschinelle Führung. Auch der Spezialisierungsgrad der Produktionsmittel ist relativ gering, es handelt sich im wesentlichen um Einverfahren-Maschinen, die jedoch durch

1) Buser, P.: a.a.O., S. 36

ihren Einbau in eine Fließstraße etwas von ihrer Beweglichkeit verlieren. Auf der Fließstrecke können aber mehrere gleichartige Produkte hergestellt werden. Beispiele für bedienungsabhängige Fließstraßen finden wir vor allem in der metallbearbeitenden Industrie, und zwar bei spanabhebenden Verfahren und bei spanlosen Verfahren.¹⁾ Im letzten Fall kann es sich um eine Kalt- oder Warmverformung handeln, wie z.B. bei der Herstellung von Tuben bzw. von Teilen, die geschmiedet werden.²⁾ Bedienungsabhängige Fließstraßen treten auch auf bei Verfahren, wie z.B. beim Schweißen. Wir finden bedienungsabhängige Fließstraßen aber auch in der holzverarbeitenden Industrie,³⁾ in der Näherei von Bekleidungsbetrieben,⁴⁾ in der Zwickelei und Bodenbefestigung in Schuhfabriken⁵⁾ sowie allgemein bei der Verpackung von Produkten.

(2) Die selbsttätige Fließstraße

Beispiele für eine selbsttätige Fließstraße finden wir besonders häufig bei spanabhebenden Verfahren, wie Dreh- und Bohrvorgängen. Wir wollen unser Beispiel bewußt ein-

-
- 1) Vgl. z.B. Matthée, G.: Maschinen-Fließreihen. In: Werkstattstechnik, 46. Jg. (1956), S. 233 - 243, S. 236 f.; Pentzlin, K.: Arbeitsrationalisierung, a.a.O., S. 132 f.; Pieritz, G.: Rationalisierung in der Radschlepperfertigung. In: Rationalisierung, 8. Jg. (1957), S. 149 - 152, S. 150 f.; John, E.: Rationalisierungsbeispiele aus der Zählerfertigung der Siemens-Schuckertwerke Nürnberg. In: Rationalisierung, 9. Jg. (1958), S. 61 - 68, S. 62 f.
 - 2) Vgl. die Fertigung von geschmiedeten Achsschenkeln bei Matthée, G.: Maschinen-Fließreihen, a.a.O., S. 235
 - 3) Vgl. Blankenstein, C.: a.a.O., S. 321 f.; Gottlieb, F.: Materialfluß in Mittel- und Großbetrieben der Holzwirtschaft, Stuttgart 1961, S. 146 ff.; Schroeder, R.: Möbelindustrie. In: HdSW, Bd. 7, S. 410 - 417, S. 413
 - 4) Vgl. hierzu Donner, E.: Handbuch ..., a.a.O., S. 128 f.; Schwab, R.: Fertigungsweisen ..., a.a.O., S. 2 f. Nach der Art der Anordnung der Maschinen in der Fließstraße unterscheidet man vor allem in der Bekleidungsindustrie das Reihen-, Schul- und Gegensystem. Vgl. dazu im einzelnen: Pristl, F.: Arbeitsvorbereitung ..., a.a.O., S. 54 f.; Donner, E.: Handbuch ..., a.a.O., S. 121 f.
 - 5) Vgl. auch Büchel: a.a.O., S. 372

mal einem anderen Bereich entnehmen und wählen die Bearbeitung eines Produkts mit Hilfe eines zusammenfügenden Verfahrens, wie wir es bei der Herstellung von Kopfkissenbezügen vorfinden.

Es werden folgende Fertigungsstellen passiert:¹⁾

1. Schneiden der Formate aus dem Gewebe
2. Saum legen und anbügeln
3. Nähen der Quersäume
4. Stanzen und Nähen der Knopflöcher
5. Anbringen der Knöpfe
6. Falten des Gewebes
7. Nähen der Seitensäume
8. Wenden des Kissenbezugs
9. 2. Wenden des Kissenbezugs

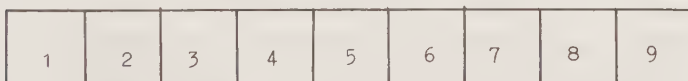


Abbildung 111

Bei der Transferstraße, die als eine große geschlossene Fertigungseinheit anzusehen ist, stellen Fertigungs- und Fördereinrichtungen eine untrennbare Verbindung dar.²⁾ Räumliche und zeitliche Bindung der einzelnen Stationen sind daher extrem starr. Die Fertigungszeit für einen Kopfkissenbezug beträgt 30 Sekunden, so daß sich eine Taktzeit von etwas mehr als 3 Sekunden ergibt. Charakteristisch für Transferstraßen ist die große Bedeutung der Transfer Einrichtungen. Sie üben den vollautomatischen An- und Abtransport der Werkstücke aus, verbinden die einzelnen Stationen zu einer geschlossenen Einheit und dienen als Organisationsmittel, wie es auch bei den übrigen Fördereinrichtungen der geschlossenen Fließstraße mit zeitlich strenger Bindung der Fall ist. Die Transfereinrichtungen übernehmen zusätzlich die wichtige Aufgabe der genauen

1) Vgl. hierzu auch Rall, G.: Erste vollautomatische Transferstraße in der Textilindustrie. In: Rationalisierung, 13. Jg. (1962), S. 107 - 109, S. 108

2) Vgl. Fackelmeyer, A.: Materialfluß ..., a.a.O., S. 84

Bestimmung und Festspannung des Werkstücks.¹⁾ Die Förder-
einrichtung wird damit zu einem außerordentlich wichtigen
Bestandteil der gesamten Anlage.²⁾

Diese Fließstraße ist geeignet für die Herstellung von
Kissenbezügen eines Formats, die aus verschiedenen Gewe-
ben bestehen können. Der Spezialisierungsgrad dieser Trans-
ferstraße ist also sehr hoch, es handelt sich um eine Ein-
Produkt-Fließstraße.

Bei Transferstraßen dieser Art ist der höchste Mechanisie-
rungsgrad erreicht, der bei Erscheinungsformen der künst-
lichen Fließfertigung vorläufig möglich ist. Alle Ferti-
gungsvorgänge, die Nebenaufgaben und die Steuerung des Ab-
laufs erfolgen automatisch, der Mensch muß nur eingreifen,
wenn eine Regelung des Ablaufs erforderlich sein sollte.
Transferstraßen finden sich fast vorwiegend in der Auto-
mobilindustrie, so z.B. bei der Bearbeitung von Motor-
blöcken, Zylinderköpfen und Getriebegehäusen, teilweise
auch für zusammenfügende Verfahren, wie beim Schweißen von
Karosserieteilen,³⁾ d.h. Transferstraßen werden überwie-
gend bei Großserienfertigung eingesetzt. Während bei zusam-
menfügenden Verfahren wie Nähen, Schweißen, die Zahl der

1) Vgl. Goebel, H.: Transferstraßen - Wegbereiter der Au-
tomation. In: Der Maschinenmarkt, 61. Jg. (1955), S.
83 - 89, S. 83

2) Vgl. derselbe: Das Transportproblem, ... a.a.O., S. 196

3) Vgl. Riebel, P.: Industrielle ..., a.a.O., S. 159.
Beispiele finden sich bei Doberer, K.: a.a.O., S. 93
ff.; Schachtschabel, H.G.: a.a.O., S. 35 ff.; Hofmann,
R.: a.a.O., S. 73 ff.; Hammer, M.: Europäische Automa-
bilindustrie ..., a.a.O., S. 46 ff.; Pötschke, H.: Die
Weiterentwicklung der Einzweck-Sondermaschine, In:
Werkstattstechnik, 49. Jg. (1959), S. 79 - 86, S. 84 f.;
Notter, E.: Wege zur automatisierten Produktion mit
Transferstraßen. In: Werkstatt und Betrieb, 89. Jg.
(1956), S. 109 - 113, S. 110 ff.; Kettner, S.: Automa-
tisierung der mechanischen Fertigung. In: Handbuch der
Automatisierungstechnik, hrsg. von R. Kretzmann, Ber-
lin - Borsigwalde 1959, S. 301 - 358, S. 325 ff.;
Nauck, K.: Automatische Schweißung von Fahrzeugachsen.
In: Automatisierung, 12. Jg. (1967), Heft 2, S. 13 -
15; Beseler, K.: Anlagen zum Herstellen von gewalzten
Ringern. In: Werkstattstechnik, 57. Jg. (1967), S. 519 -
524, S. 521 ff.

Fertigungsstationen relativ gering ist, erfordert die Bearbeitung eines Teils mit Hilfe von spanabhebenden Verfahren vielfach eine sehr große Zahl von Fertigungsstationen. Bei einer starren Verkettung vieler Maschinen kommt man zu einer sehr langen Transferstraße, die den Nachteil hat, daß bei Störungen die ganze Fließstraße zum Stillstand kommt. Je mehr Stationen miteinander verknüpft sind, desto größer ist das Risiko eines Ausfalls der Straße. Man ist daher dazu übergegangen, die Maschinen in Sektionen aufzuteilen, um so die Anzahl der direkt voneinander abhängigen Stationen zu vermindern. "Zwischen die Sektionen werden nun Pufferlager für die Werkstücke eingefügt, so daß bei Stillstand einer Sektion die nächstfolgende, aus dem Vorrat des Puffers beliefert, gleichwohl arbeiten kann."¹⁾ Diese Pufferlager können relativ groß dimensioniert werden, so daß sie zwei- bis dreistöckige Speicher bilden. Es ist auf diese Weise auch möglich, eine Sektion für einen Tag stillzulegen, um Werkzeugwechsel durchzuführen, während die übrigen Sektionen weiterarbeiten.²⁾ Dies wird als lose Verkettung von Transferstraßen oder auch als sektionierte Transferstraße bezeichnet.³⁾ Transferstraßen finden wir auch bei spanlosen Verfahren, z.B. bei der Herstellung von Karosserieteilen in der Automobilindustrie allerdings mit geringerem Mechanisierungsgrad. Transport und Handhabung oder Beschickung und Entnahme erfolgen teilweise noch manuell, so daß man hier von "Quasi-Transferstraßen" spricht.⁴⁾ Zwar ist der Bau von Transferstras-

1) Hammer, M.: Europäische Automobilindustrie ..., a.a.O., S. 46

2) Vgl. Doberer, K.: a.a.O., S. 131. Vgl. auch das Schema einer Transferanlage für die Bearbeitung von Zylinderblöcken, die aus 16 Sektionen besteht, bei Hammer, M.: Vergleichende Morphologie ..., a.a.O., S. 87 ff. (Tafel IX)

3) Vgl. dazu: Goebel, H.: Transferstraßen als Beispiel hochautomatisierter Fertigung in der Automobilindustrie. In: Industrielle Automatisierung, 2. Jg. (1957), Heft 1, S. 13-18; derselbe: Einige grundsätzliche Überlegungen bei der Auslegung von selbsttätigen Maschinefließreihen. In: Werkstattstechnik, 48. Jg. (1958), S. 145-152

4) Vgl. Schachtschabel, H.G.: a.a.O., S. 37; Goebel, H.: Die Entwicklungsstufen bis zur Automatisierung in der mechanischen Fertigung. In: Industrielle Automatisierung, 1. Jg. (1956), Heft 1, S. 5-10, S. 9; derselbe: Transferstraßen für vollautomatischen Betrieb. In: Rationalisierung, 7. Jg. (1956), S. 186-190, S. 189 f.

sen für eine spanlose Verformung, wie z.B. Pressen, technisch ohne weiteres möglich. Aber es fehlt an der wirtschaftlichen Voraussetzung einer ausreichenden Stückzahl für ein Produkt. "Um die Kapazität einer solchen Straße einigermaßen auszunützen, werden verschiedene Produktionsserien auf der gleichen Straße hergestellt. Wenn also die Straße beispielsweise den Tagesbedarf an Bodenblechen in vier Arbeitsstunden herstellt, so wird sie zusätzlich noch für Türbleche usw. verwendet. Der ständige Umbau auf neue Teile macht eine Vollmechanisierung unrentabel, da gerade die mechanischen Handhabungsvorrichtungen sehr genau an das produzierte Stück angepaßt sind und daher ebenfalls ständig umgebaut werden müßten."¹⁾ Aus diesem Grund werden einige Vorrichtungen noch manuell ausgeführt.²⁾

Selbsttätige Fließstraßen finden wir seit einiger Zeit auch bei der Montage von relativ einfach zusammengesetzten Produkten, wie z.B. beim Zusammenbau von Glühlampen und von Kugellagern,³⁾ allerdings spricht man hier nicht von Transferstraßen.

cc) Die Fließstraße - die strenge Form der Fließfertigung

Hier sind alle Elemente der Fließfertigung verwirklicht, und zwar in der Fertigungsanordnung, in der räumlichen und der zeitlichen Bindung des Ablaufs. Wird eine Förder-

1) Hammer, M.: Europäische Automobilindustrie ..., a.a.O., S. 50; siehe auch Vitoux, H.: Beispiele von Einrichtungen zur Fertigung mittlerer Stückzahlen. In: Werkstattstechnik, 50. Jg. (1960), S. 146 - 149, S. 146

2) Vgl. die Beispiele bei Matthée, G.: Maschinen-Fließreihen, a.a.O., S. 233; siehe auch RKW: Praktische Beispiele ..., a.a.O., S. 123 ff.

3) Vgl. dazu die Beispiele bei Schulze, G.: Selbsttätiger Zusammenbau am Beispiel der Glühlampenfertigung. In: Werkstattstechnik, 48. Jg. (1958), S. 77 - 78; Spiesecke, H.: Automatisierung beim Zusammenfügen elektronischer Geräte. In: Werkstattstechnik, 48. Jg. (1958), S. 78 - 81; Kopp, H.: Fertigungsgerechte Konstruktion von Rundfunkgeräten. In: Werkstattstechnik, 51. Jg. (1961), S. 289 - 295, S. 290 ff.; Kettner, S.: Automatisierung ..., a.a.O., S. 555; Bronner, A.: Rationalisierung - Mechanisierung - Automatisierung. In: Werkstattstechnik, 57. Jg. (1967), S. 513 - 518, S. 515

anlage verwendet, dann dient sie dem Transport der Produkte und der Verknüpfung der Stationen, wie bei der geschlossenen Fließstraße mit zeitlich lockerer Bindung. Da das Transportmittel dem Arbeiter das Produkt aber nicht nur zur Weiterbearbeitung anbietet, sondern auch die planmäßige Fertigstellung in der festgelegten Zeitspanne verlangt, erfüllt die Förderanlage als taktgebende Einrichtung auch noch steuernde Aufgaben.¹⁾

VII. Abschließende Bemerkungen zu den Erscheinungsformen der künstlich herbeigeführten Fließfertigung

Wir haben fünf verschiedene Erscheinungsformen der Fließfertigung kennengelernt, die wir nach dem Gesichtspunkt der unterschiedlichen Intensität der räumlichen Bindung des Ablaufs gebildet haben, die wir hier noch einmal gegenüberstellen wollen:

1. Anordnung der Werkstätten nach dem Fertigungsfluß - räumlich nicht gebundene Fertigungsfolge mit Bindung der Verfahrensfolge ohne Verknüpfung.
2. Fertigung mit flexibler Verknüpfung - räumlich nicht gebundene Fertigungsfolge mit flexibler Verknüpfung.
3. Mobile Fließfertigung - räumlich gebundene, aber nicht geschlossene Fertigungsfolge mit flexibler Verknüpfung.
4. Offener Fließweg - räumlich gebundene, aber nicht geschlossene Fertigungsfolge mit starrer Verknüpfung.
5. Geschlossene Fließreihe - räumlich gebundene und geschlossene Fertigungsfolge mit starrer Verknüpfung

Fragen wir noch kurz nach den industriellen Verhältnissen, bei denen sie auftreten.

Alle dargestellten Erscheinungsformen sind im Bereich der Betriebe mit vorherrschend mechanischer Technologie zu Hause. Eine Ausnahme gilt nur für die Anordnung der Werkstätten nach dem Fertigungsfluß, die auch bei chemischer Technologie auftritt.

1) Vgl. Faensen, H./Hofmann, G.: a.a.O., S. 15

Sie sind vor allem in Betrieben mit synthetischer, aber auch mit durchlaufender Stoffverwertung zu finden. Das Massenprinzip ist in verschiedenen Graden verwirklicht. So ist die Fertigung mit flexibler Verknüpfung vielfach bei Klein- und Mittelserienfertigung zu finden, die Anordnung der Werkstätten nach dem Fertigungsfluß häufig bei Sortenfertigung, während Großserienfertigung vor allem bei Fließstraßen festzustellen ist. Wir finden aber auch reine, zeitlich gleichbleibende Massenfertigung, wie bei der Bearbeitung von Teilen auf Transferstraßen.

C) Die Erscheinungsformen der natürlich bedingten Fließfertigung

I. Vorbemerkung

Die Zahl der Erscheinungsformen der natürlich bedingten Fließfertigung ist geringer als die der künstlich herbeigeführten Fließfertigung, da von vornherein eine hohe Geschlossenheit des Fertigungsablaufs in räumlicher und zeitlicher Hinsicht gegeben ist. Die Gründe liegen in den Eigenarten des Fertigungsablaufs, besonders der Eigengesetzlichkeit der Reaktionsvorgänge und der herzustellenden Produkte. In Zweigen mit natürlich bedingter Fließfertigung ist eine Zwischenlagerung der Erzeugnisse und eine wechselnde Kombination der Produktionsmittel kaum möglich, was eine räumlich geringe oder lockere Bindung des Ablaufs nicht erlaubt. Daher sind Erscheinungsformen, die eine Kombination von Prinzipien der Werkstatt- und Fließfertigung darstellen, nicht vorhanden.

Ein Zwang zu einem Ablauf ohne die Bildung von Zwischenlagern innerhalb der Fließstrecke besteht besonders bei Apparaturen, deren einzelne Elemente kontinuierlich arbeiten. "Dabei werden die Einsatzstoffe ... stetig und in kleinsten Quanten in eine zusammenhängende Produktionsapparatur eingesetzt. Angetrieben durch einen kontinuierlichen Transport, der hier zeitlich mit dem Produktionsvorgang zusammenfällt, durchlaufen die so stetig zuströmenden Einsatzstoffe nacheinander die verschiedenen, räumlich

nebeneinander angeordneten Arbeitsgänge und Verfahrensbedingungen, ohne daß dabei Zwischenlagerungen entstehen."¹⁾ Bei natürlich bedingter Fließfertigung handelt es sich um umgeformte Produkte. Da sie "in sich nicht zusammenhalten, bedarf es ... zu ihrer Lagerung ... besonderer Vorkehrungen",²⁾ und da diese Güter meist relativ schnell in größeren Mengen anfallen, würde eine Zwischenlagerung umfangreiche Vorrichtungen und erhebliche Raumflächen erfordern. Hier bleibt den Betrieben kaum eine Wahlmöglichkeit, "weil das Produkt in einem Zug hergestellt werden kann (und folglich eine künstliche Unterbrechung unwirtschaftlich wäre ...)."³⁾

Die Unterschiede zwischen den verschiedenen Erscheinungsformen der natürlich bedingten Fließfertigung beziehen sich daher weniger auf die Art der räumlichen Bindung, sondern hauptsächlich auf die unterschiedliche Unterbrechbarkeit des Ablaufs und die Art des zeitlichen Ablaufs, vor allem, ob ein stetiger oder einrhythmisch-intermittierender Ablauf vorliegt.

II. Der offene Fließweg

1. Allgemeine Grundlagen des offenen Fließweges

Für den offenen Fließweg der natürlich bedingten Fließfertigung gilt im Prinzip das gleiche, was dafür bereits bei der künstlich herbeigeführten Fließfertigung gesagt wurde. Die Produktionsmittel sind in einer Reihe entsprechend der Fertigungsfolge angeordnet und es werden hier mehrere Produkte gefertigt, die in ihrer Fertigungsfolge ähnlich sind. Der einzige Unterschied besteht darin, daß zwar Fertigungsstellen umgangen werden können, eine Rückkehr an eine bereits passierte Station ist jedoch im Prinzip nicht möglich, wenn man von Ausnahmen absieht,

1) Männel, W.: a.a.O., S. 21; siehe auch Kölbel, H./Schulze, J.: Die Abgrenzung ..., a.a.O., S. 155

2) Riebel, P.: Mechanisch-technologische ..., a.a.O., S. 419

3) Schwarz, H.: Grundfragen der Abstimmung von Materialbeschaffung, Fertigung und Vertrieb, Freiburg im Breisgau 1959, S. 45

bei denen dies allein aus wärmetechnischen Gründen erfolgt.

2. Beispiele eines offenen Fließweges

Wir wählen als Beispiel einen Betrieb der Baumwollveredlung und wollen das Bleichen von Geweben näher untersuchen.¹⁾ Hier sind zwei verschiedene Möglichkeiten der Bearbeitung zu unterscheiden. Bei Geweben, die in relativ geringen Mengen nachgefragt werden, wird die Bearbeitung in diskontinuierlich arbeitenden Apparaten vorgenommen. Wenn dagegen die Bearbeitung eines Gewebes in größeren Mengen möglich ist, werden mehrere Bahnen zu einem Strang zusammengenäht. Man bezeichnet diese dann als Strangware, die in kontinuierlich arbeitenden Apparaten veredelt wird.

Der bereits entschlichtete Gewebestrang durchläuft folgende Stationen:

1. Abziehen aus dem Beuchkessel
2. Auswaschen des Gewebes
3. Imprägnieren des Bleichgutes mit der Bleichmittellösung
4. Erstes Bleichen
5. Auswaschen
6. Imprägnieren mit der zweiten Bleichmittellösung
7. Zweites Bleichen
8. Erstes Auswaschen
9. Zweites Auswaschen
10. Öffnen und Aufwickeln des Strangs.²⁾

1) Vgl. hierzu auch RKW: Erfahrungen mit Fließarbeit, Teil II, Berlin 1931, S. 53 f.; Frank, H.J.: Fließfertigung in der Textilveredelungsindustrie, Leipzig 1964, S. 83 ff.

2) Vgl. a. Hundt, W./Vieweg, K.: Textilbleiche, In: Ullmanns Enzyklopädie der technischen Chemie, 3. Aufl., hrsg. von W. Foerst, 17. Bd., München - Berlin - Wien 1966, S. 75 - 192, S. 83

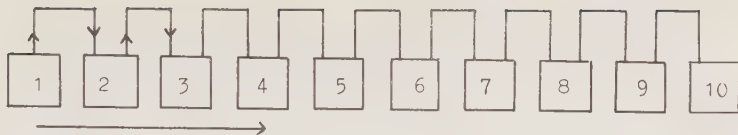


Abbildung 12

Auf dieser Anlage werden Gewebe für mittleren und hellen Farbdruk gebleicht. Bei hellen Farben muß nun das Gewebe intensiver gebleicht werden als bei mittleren. Im letzten Fall ist daher keine Vollbleiche mit zwei verschiedenen Bleichmitteln, sondern nur eine Bleichstation und entsprechend auch nur eine Waschstation erforderlich. Das Umgehen dieser Stationen ist ohne Schwierigkeiten möglich. Der Ablauf ist als räumlich gebundene, aber nicht geschlossene Fertigungsfolge mit starrer Verknüpfung zu bezeichnen.¹⁾

Die einzelnen Fertigungsstationen sind zeitlich genau aufeinander abgestimmt, alle Vorgänge laufen kontinuierlich ab, so daß wir einen stetigen Ablauf mit zeitlich strenger Bindung vor uns haben. Gewebe lassen sich "kontinuierlich behandeln, wenn eine Imprägniervorrichtung, ein 'Stiefel' (J-Box) und eine entsprechende Waschmaschine zur Verfügung stehen."²⁾ Das Prinzip einer kontinuierlich arbeitenden Waschstation "besteht darin, durch Hintereinanderschalten mehrerer Strangwaschmaschinen einen kontinuierlichen Warenfluß zu erreichen. ... Um eine ausreichende Verweilzeit in der Waschflotte bei einer möglichst geringen Zahl von Einzelaggregaten zu ermöglichen werden die Stränge ... spiralenförmig durch die Einzelaggregate geführt."³⁾

1) Vgl. a. das Beispiel bei Sulfrian, A.: a.a.O., S. 128 ff

2) Nottebohm, C.: Textiltechnik. In: Ullmanns Enzyklopädie ..., a.a.O., S. 222 - 299, S. 261

3) Frank, H.J.: Möglichkeiten ..., a.a.O., S. 46

Das Gewebe wird in einem Bleichstiefel kontinuierlich gebleicht, der wegen seiner Form auch J-Box genannt wird.

"Der aus der Imprägniermaschine kommende Warenstrang wird fortlaufend auf das bereits im Stiefel befindliche Warenpack abgelegt, während der Warenstrang am Austrittsende des Stiefels in gleichem Maß herausgezogen wird."¹⁾

Der Fertigungsablauf ist nicht beliebig unterbrechbar, sondern nur nach Durchlauf des gesamten Gewebestranges. Der Ablauf wird an jedem Tag wieder neu aufgenommen, die Dauer der Nichtunterbrechbarkeit beträgt mehrere Stunden, je nach der Länge des Gewebestrangs.

Der Mechanisierungsgrad der Fließstraße ist relativ hoch, da mit der Kontinuierisierung der Verfahren gleichzeitig wie von selbst eine "automatische" Führung der Erzeugnisse und Steuerung des Ablaufs gegeben ist.

Es handelt sich um eine Mehrprodukt-Straße, auf der verschiedene Gewebe bearbeitet werden können, indem Bleichmittel und Verweilzeit im Bleichstiefel sowie die Fertigungsfolge variiert werden.

Ein weiteres Beispiel für einen offenen Fließweg stellt die Milchbearbeitung dar. Während es sich im vorherigen Beispiel um ein schwach geformtes Fließgut handelt, finden wir hier den Fall eines ungeformten, flüssigen Fließgutes vor.

Bei der Verarbeitung von Rohmilch zu Trinkmilch ist der Ablauf wie folgt: Die Rohmilch läuft aus einem Vorrats-tank zunächst in ein Vorlaufgefäß und wird von dort zur Pasteurisiermaschine geleitet, wo sie ein Röhrensystem durchläuft, das nach dem Prinzip des Wärmeaustauschs arbeitet. Die Milch wird hier auf 40° C vorgewärmt und gelangt anschließend in einen Separator, der sie in Mager-

1) Hundt, W./Vieweg, K.: a.a.O., S. 91. Diese sog. Continue-Bleiche ist ein Beispiel für die Umwandlung eines diskontinuierlich in ein kontinuierlich verlaufenden Vorgang.

milch und Rahm aufteilt. Der Rahm durchläuft eine Homogenisiermaschine, wo er mit hohem Druck durch feine Düsen gepreßt wird. Rahm und Magermilch werden anschließend wieder vereint und erneut über die Pasteurisiermaschine geschickt,¹⁾ wo sie für kurze Zeit erhitzt werden, um Bakterien abzutöten. Nach einer Vorkühlung im Röhrensystem des Pasteurs auf 14° C gelangt die Milch schließlich über einen Tiefkühler und von dort in einen Lagertank, wo die "Einstellung" des Fettgehaltes vorgenommen wird.²⁾

Sollen Magermilch und Rahm hergestellt werden, ändert sich der Ablauf geringfügig. In diesem Fall ist ein Homogenisieren des Rahms nicht erforderlich, so daß diese Station umgangen wird.

Damit besteht eine räumlich gebundene, aber nicht geschlossene Fertigungsfolge mit starrer Verknüpfung. Die Bearbeitung geht in geschlossenen Apparaten vor sich, durch welche die Milch hindurchfließt. Alle Vorgänge laufen kontinuierlich ab, wir können daher von einer zeitlich strengen Bindung mit stetigem Ablauf sprechen.³⁾

Bei kontinuierlich arbeitenden Verfahren ist die Lösung der Transportfragen von besonderer Bedeutung. Dies gilt besonders für ungeformte Fließgüter. Charakteristisch ist hier, daß die Förderprobleme aufs engste mit der Anlagen-gestaltung verwachsen sind. "Die Fördertechnik bezieht sich dann nicht nur auf die Verbindungen zwischen den einzelnen Verarbeitungsstufen und Apparaten, sondern eben-

-
- 1) Das erste Passieren der Pasteurisiermaschine erfolgt ausschließlich aus wärmetechnisch-ökonomischen Gründen
 - 2) Vgl. hierzu im einzelnen Roeder, G.: Grundzüge der Milchwirtschaft und des Molkereiwesens, Hamburg - Berlin 1954, S. 469 ff.
 - 3) Vgl. auch Pirner, H.: Grundlagen und Möglichkeiten der betriebstechnischen Rationalisierung in den Betrieben der Milchbearbeitung und -verarbeitung, Diss. Nürnberg 1956, S. 35

so auf die Transportvorgänge innerhalb der Apparate, die gleichzeitig mit den chemischen und physikalisch bestimmten Teilprozessen ablaufen."¹⁾ Kölbel und Schulze bezeichnen dies als "innerapparative Förderung". Für diese Erscheinung gibt es im Gesamtbereich der mechanisch-technologischen Verfahren keine Parallele, denn bei einem Ablauf mit kontinuierlich arbeitenden Verfahren laufen hier Verarbeitungs- und Transportvorgänge innerhalb der Apparate gleichzeitig ab, während bei mechanisch-technologischen Verfahren, die überwiegend diskontinuierlich ablaufen, die Bearbeitungs- und Fördervorgänge zeitlich aufeinander folgen.²⁾ "Diese Kontinuität ... setzt auch eine Geschlossenheit des Produktionsweges in räumlicher Hinsicht voraus, die in den meisten Fällen auch zu einer sichtbaren Abgeschlossenheit des Werkgutes im Laufe des Erzeugungsganges führt, so daß erst das Fertigerzeugnis dem Auge des Beobachters sichtbar wird."³⁾ Diese Aussage trifft besonders für ungeformte Fließgüter zu.

Der Ablauf ist nicht beliebig unterbrechbar, sondern erst dann, wenn die Beschickung abgebrochen wird und die sich bereits in der Apparatur befindende Milch bearbeitet ist.

Die Fertigungsanlagen weisen einen hohen Mechanisierungsgrad auf, der Ablauf der Fertigung wird automatisch geregelt. Allerdings liegen die fertigungstechnischen Verhältnisse hier relativ einfach. Es kann zwar Trinkmilch oder Magermilch plus Rahm hergestellt werden, dennoch handelt es sich bei der Anlage um eine Einprodukt-Fließstraße,⁴⁾ wenn auch eine gewisse Variationsmöglichkeit besteht. Ein weiteres Beispiel für einen offenen Fließweg mit nicht beliebig unterbrechbarem Fertigungsablauf stellt die Her-

1) Kölbel, H./Schulze, J.: Der Materialfluß in verfahrenstechnischen Betrieben. In: Fördern und Heben, 14. Jg. (1964), S. 799 - 809, S. 799

2) Kölbel, H./Schulze, J.: Der Materialfluß ..., a.a.O., S. 800

3) Sauer, K.: a.a.O., S. 20

4) Vgl. a. Pirner, H.: a.a.O., S. 111

stellung von Briefumschlägen dar. Der Fall einer periodisch-permanenten Fertigung ist seltener anzutreffen, er kann unter bestimmten Verhältnissen bei der Herstellung von Kunststoffolien gegeben sein, oder bei der Linoleumherstellung. Ein Beispiel für eine konstant-permanente Fertigung und offenen Fließweg konnten wir nicht auffinden.

3. Der offene Fließweg - eine räumlich lockere Form der Fließfertigung

Bei dem offenen Fließweg der natürlich bedingten Fließfertigung ist die Fertigungsfolge nicht zwingend, sondern es können Stationen übersprungen werden. Es ist jedoch eine zeitlich strenge Bindung vorhanden, denn in allen Fällen arbeiten die einzelnen Apparate kontinuierlich, einen offenen Fließweg bei chargenweiser Fertigung haben wir nicht finden können. In der Art des zeitlichen Ablaufs, der hier streng gebunden ist, liegt der Unterschied zur offenen Fließstraße bei künstlich herbeigeführter Fließfertigung, wo eine zeitlich lockere Bindung besteht.

III. Die geschlossene Fließreihe

1. Allgemeine Grundlagen der geschlossenen Fließreihe

Bei der geschlossenen Fließreihe muß jede Produkteinheit jede Station in der gleichen Reihenfolge durchlaufen. Ebenso wie bei künstlich herbeigeführter Fließfertigung können wir auch bei der natürlich bedingten Fließfertigung geschlossene Fließreihen mit zeitlich strenger und mit zeitlich lockerer Bindung unterscheiden. Den ersten Fall bezeichnen wir als Fließstraße, während wir bei einer zeitlich lockeren Bindung von einem geschlossenen Fließweg sprechen. Da diese Erscheinungsform der Fließfertigung "auf Grund der Verfahrenseigenarten und vor allem

der Fließfähigkeit der durchgesetzten Stoffe"¹⁾ sich sozusagen von selbst ergibt, hat Kalveram hierfür den Begriff der "Zwangslauffertigung" geprägt. Hier "durchfließt das Material den Betrieb in einem kontinuierlichen Strom ohne Umstellung der Bearbeitungsmaschinen."²⁾ "Der Arbeitsablauf vollzieht sich ... in einem streng gebundenen Verfahren in zwangsläufiger Folge ohne die Möglichkeit von Variationen"³⁾ Kalveram spricht also dann von einer Zwangslauffertigung, wenn ein räumlich gebundener und geschlossener Fertigungsablauf mit starrer Verknüpfung "von Natur aus" gegeben ist.⁴⁾ Nach Schäfer wollen wir hier von einer Zwangslauffertigung i.w.S. sprechen. "Zu dieser räumlichen Gebundenheit der Fertigung und der Fertigungswege tritt vielfach noch der Zwang zu zeitlicher Gebundenheit, zu permanenter Fertigung. Hier haben wir dann ... (die) Zwangslauffertigung

1) Kölbel, H./Schulze, J.: Fertigungsverfahren ... a.a.O., S. 21

2) Kalveram, W.: Industriebetriebslehre ..., a.a.O., S. 38

3) Kalveram, W.: a.a.O., S. 39. Vgl. zum Begriff der Zwangslauffertigung auch: Riebel, P.: Mechanisch-technologische ..., a.a.O., S. 419; Jehle, R.: a.a.O., S. 35; Hax, K.: Industriebetrieb, a.a.O., S. 251; derselbe: Grundlagen ..., a.a.O., S. 61; Kölbel, H./Schulze, J.: Die Abgrenzung ..., a.a.O., S. 154 f.; dieselben: Fertigungsverfahren ..., a.a.O., S. 21; Gutenberg, E.: a.a.O., S. 104; Bezdecka, H.: Die Materialbewegung im Industriebetrieb unter dem Gesichtspunkt ihrer kostenoptimalen Gestaltung, Diss. Frankfurt a.M. 1960, S. 74 ff.

4) Eine Zwangslauffertigung kann bei kontinuierlich und chargenweise arbeitenden Apparaturen auftreten. Vgl. Kölbel, H./Schulze, J.: Probleme der Materialförderung bei verschiedenen Produktionstypen in der chemischen Industrie. In: Materialfluß in der chemischen Industrie, Fachberichte Fördern und Heben, Bd. 14, Mainz 1967, S. 36 - 84, S. 37 f. Riebel bezeichnet im übrigen auch Transferstraßen mit starrer und loser Verketzung als "Zwangslaufsysteme". Vgl. Riebel, P.: Industrielle ..., a.a.O., S. 159, 164

im strengen Sinne vor uns." ¹⁾

2. Beispiele für geschlossene Fließreihen

a) Fließreihe mit nicht beliebig unterbrechbarem Fertigungsablauf

Wir wollen als erstes Beispiel eine Reismühle wählen..Es sind folgende Fertigungsoperationen zu durchlaufen:

1. Sieben der Körner
2. Abziehen des Staubs
3. Lösen der Schalen
4. Auslesen von Steinen
5. Erstes Schleifen des Korns
6. Zweites Schleifen des Korns
7. Trennen in Voll- und Bruchreis (durch Sieben)
8. Lösen der restlichen Schalen
9. Sieben
10. Festlegen des Anteils von Bruchreis im Trieur
11. Putzen der Körner

Charakteristisch für eine Reismühle ist, daß Apparate gleichen Verfahrens mehrfach vorhanden sind, so daß eine Anlagenhäufigkeit besteht. Schematisch dargestellt ergibt sich folgende Fertigungsanordnung, wobei die Zahlen den angeführten Fertigungsvorgängen entsprechen:

1) Schäfer, E.: Produktionswirtschaft ..., a.a.O., S. 543; derselbe: Das Exportkartell in betriebswirtschaftlich-absatzwirtschaftlicher Betrachtung. In: Eichler, H./Hoppmann, E.: Schäfer, E.: Exportkartell und Wettbewerb, hrsg. von E. Schäfer, Köln und Opladen 1964, S. 3 - 74, S. 44; vgl. a. Weber, H.: Die Marktformenlehre in betriebswirtschaftlicher Sicht. In: ZfbF, 17. Jg. (1965), S. 713 - 731, S. 729 f.

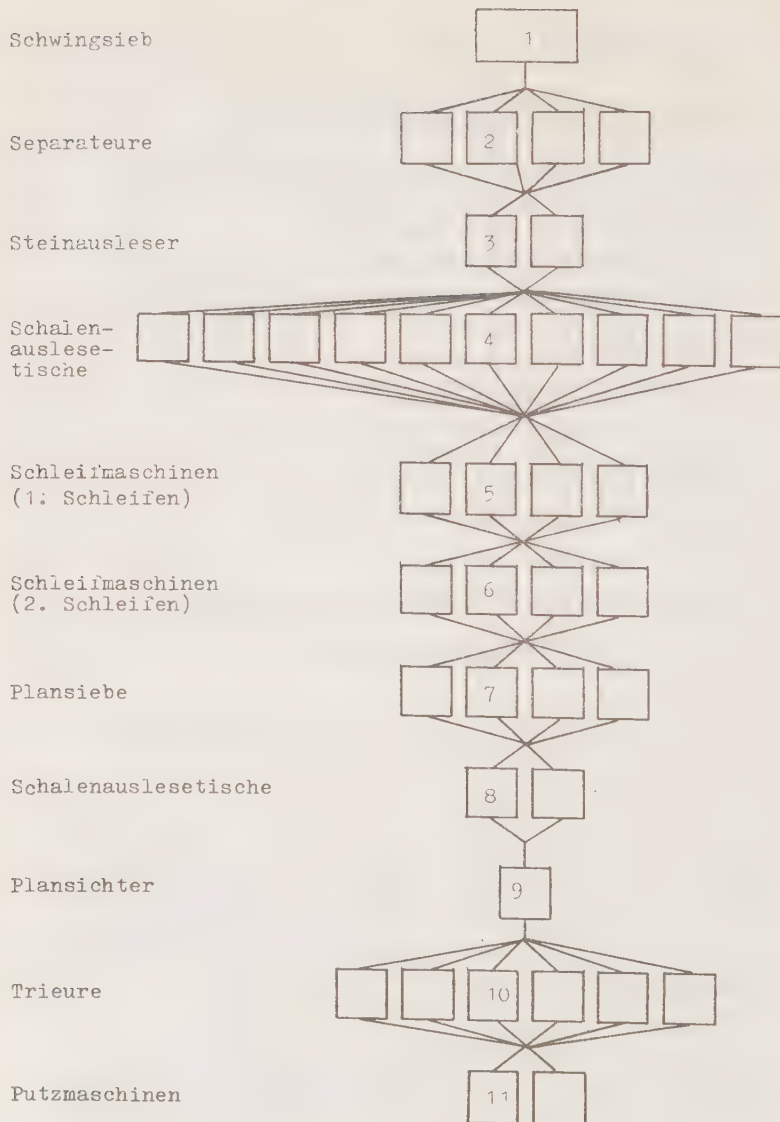


Abbildung 13

Da für gleiche Fertigungsverfahren meist mehrere Apparate vorhanden sind, ist es nicht auf den ersten Blick möglich, die Art der räumlichen Bindung festzustellen. Wir müssen daher zunächst die Art der Verknüpfung der Apparate mit den folgenden Stationen klären. In unserem Beispiel sind alle Apparate eines Verfahrens direkt mit der folgenden Station verbunden, es liegt somit der Fall eines aufgespaltenen Fertigungsstrangs vor, bei dem die Leistungsmenge nicht mit einem, sondern nur mit jeweils mehreren Apparateeinheiten erbracht wird. Dies mag auf den ersten Blick den Eindruck einer Werkstattfertigung erwecken. Dieses Fertigungssystem liegt aber nicht vor, da alle Anlagen über ein System von Rohrleitungen starr miteinander verknüpft sind, so daß eine veränderte räumliche Bindung des Ablaufs grundsätzlich nicht möglich ist.¹⁾

Innerhalb eines bestimmten Zeitabschnitts wird nur eine Sorte gefertigt, es liegt also der Fall der zeitlich wechselnden Massenfertigung vor. Alle Sorten müssen jedoch alle Stationen in jeweils gleicher Reihenfolge durchlaufen, so daß eine gebundene und geschlossene Fertigungsfolge mit starrer Verknüpfung gegeben ist.

Es handelt sich um kontinuierlich arbeitende Maschinen, die miteinander durch Rohrleitungen verbunden sind. Der Ablauf ist also streng gebunden. Die Leistungen der einzelnen Fertigungsstationen sind so aufeinander abgestimmt, daß keine Stauungen entstehen können. Der Ablauf ist nicht beliebig unterbrechbar, da es sonst zu Störungen an den Maschinen und Stauungen im Fördersystem kommen würde. Der Ablauf wird meist nach einem Tag unterbrochen. Wir können die Reismühle als eine Zwangslaufffertigung mit nicht beliebig unterbrechbarer Fertigung charakterisieren.

Der Mechanisierungsgrad der Maschinen ist relativ hoch, es liegt eine manuelle Regelung des Ablaufs vor, Nach-

1) Vgl. a. Kölbel, H./Schulze, J.: Fertigungsverfahren ... , a.a.O., S. 40. Es entstehen auf diese Weise "werkstattähnliche Fertigungseinheiten innerhalb des dem Objektprinzip (An. = Prinzip der Fließfertigung, H.R.) unterliegende Gesamtablaufs." Jehle, R.: a.a.O., S.

stellen der Vorrichtungen etc. erfolgt manuell. Der Spezialisierungsgrad der Fließstraße ist relativ hoch, es handelt sich um eine Einprodukt-Fließstraße, da nur Reis, allerdings in verschiedenen Sorten, bearbeitet werden kann. Zwar könnte auch Hafer, Gerste und Weizen auf den gleichen Anlagen geschält werden, d.h. bis zur Station vier können auch ähnliche Produkte bearbeitet werden. Die folgenden Operationen sind jedoch nur für die Bearbeitung von Reiskörnern geeignet.

Weiter Beispiele finden wir bei der Getreidemühle, bei der Herstellung von Hustensäften und ähnlichen Suspensionen. Während es sich bei der Getreidemühle um kontinuierlich arbeitende Produktionsmittel handelt, finden wir im zweiten Fall eine Apparatur mit chargenweise arbeitenden Einheiten. Daneben gibt es auch Mischformen, d.h. kontinuierlich und chargenweise Apparate werden zu einer geschlossenen Fließstraße vereinigt. Ein solches Beispiel finden wir bei der Margarineherstellung nach dem sog. Kombinatorverfahren. Das Mischen erfolgt chargenweise, die übrigen Vorgänge kontinuierlich. Man benutzt zwei Mischgefäße, "damit aus dem einen heraus gearbeitet werden kann, wenn der andere gefüllt wird und somit der kontinuierliche (= stetige, H.R.) Ablauf ... gewährleistet ist."¹⁾

b) Geschlossener Fließweg mit periodisch-permanenter Fertigung

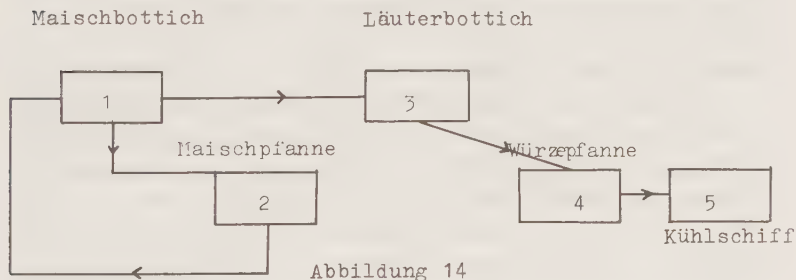
An dem Beispiel einer Bierbrauerei wollen wir eine weitere Ausprägung der geschlossenen Fließreihe kennenlernen. Sie ist nur zu Beginn der Fertigung, bei der Bereitung des Sudes festzustellen, so daß wir uns auf diesen Abschnitt beschränken.

Die Apparate zur Herstellung des Sudes sind der Maischbottich, die Maischpfanne, der Läuterbottich und die Würzepfanne. Sie werden insgesamt auch als Sudwerk bezeichnet.

1) Ost-Rassow, 2. Bd. : a.a.O., S. 1268 f.

net. "Die Aufgabe des Maischbottich ist, das Malzschrot mit Wasser in möglichst kurzer Zeit zu vermischen und die Aufschließung der Extraktstoffe im wesentlichen zu bewirken."¹⁾ Das Schrot wird im Maischbottich bei einer Temperatur von etwa 50° C angemaischt. "Teile der Maische werden dann durch Rohre mittels Pumpen in die Maischpfanne gebracht und hier ... zum Kochen erhitzt, dann zurückgepumpt zum Maischbottich, wobei die Temperatur im Maischbottich erhöht wird."²⁾ Dieses Umpumpen wird zweimal durchgeführt. Anschließend wird die Maische in den Läuterbottich gepumpt, dort filtriert und läuft durch eine Reihe von Ablaufhähnen in eine Sammelrinne und von dort in die Würzpfanne.³⁾ Hier wird die Würze unter Zusatz von Hopfen gekocht und anschließend zum Kühlschiff gepumpt.

Wir erhalten folgende Fertigungsanordnung:



Alle Apparate arbeiten chargenweise, sind entsprechend der Fertigungsfolge aufgestellt und über Rohrleitungen direkt miteinander verbunden, so daß eine räumlich gebundene und geschlossene Fertigungsfolge mit starrer Verknüpfung besteht. Der Transport erfolgt über Rohrleitungen,

1) Hennies, K./Spanner, R.: Die Brauerei im Bild, 5. Aufl., Nürnberg 1964, S. 162

2) Ost-Rassow, a.a.O., - 2, Bd. S. 1398

3) Vgl. Fehrmann, K./Sonntag, M.: Mechanische Technologie der Brauerei, Berlin und Hamburg 1962, S. 210

die allerdings nicht wie bei kontinuierlich arbeitenden Apparaturen, stetig sondern nur zeitweise während der Beschickungs- und Entleerungsoperationen benutzt werden. Aber auch hier "verbindet das Fördersystem die einzelnen Apparate ... zu einer geschlossenen, einheitlichen Anlage oder 'Apparatur', in der es nur die bereits bei der Projektierung festgelegten Förderwege und Fördermittel gibt."¹⁾

Zwischen den einzelnen Operationen bestehen zeitliche Unterschiede, so benötigt man für den Maisch- und Läutervorgang etwa 4 Stunden, während das Kochen der Würze nach 2 Stunden beendet ist. Die Folge davon ist, daß nur eine lockere zeitliche Bindung zwischen den Fertigungsstellen besteht. Sie beruht allerdings nicht - wie im entsprechenden Fall bei künstlich herbeigeführter Fließfertigung - darauf, daß eine genauere Abstimmung der Dauer an den einzelnen Fertigungsstellen kaum möglich ist, da die zu fertigenden Produkte häufig wechseln und damit auch die Maschinenfolge veränderlich ist. Beim Sudwerk ist die lockere zeitliche Bindung bedingt durch die Eigengesetzlichkeit des Ablaufs, der eine Unterteilung in selbständige und in sich abgeschlossene Fertigungsabschnitte nicht in unbegrenztem Maße zuläßt. Daher können die einzelnen Teilvorgänge nicht weiter zerlegt werden. So kommt es zu einer Zwischenlagerbildung im Läuterbottich.

Der Ablauf ist nur schwer unterbrechbar, vor allem weil die Vorgänge erhebliche Wärmeenergien benötigen. Es herrscht daher eine periodisch-permanente Fertigung, es wird im Sudwerk Tag und Nacht gearbeitet, allerdings nur von Montag bis Freitag, während des Wochenendes ruht der Betrieb. Bei den Apparaten handelt es sich um Einheiten mit manueller Regelung des Ablaufs, es können verschiedene Biersorten hergestellt werden.

Weitere Beispiele für eine Zwangslauffertigung mit periodischer-permanenter Fertigung finden wir in Papierfabri-

1) Kölbel, H./Schulze, J.: Materialfluß ..., a.a.O., S. 801

ken,¹⁾ bei der Fertigung von Asbestzementrohren und der Aufbereitung von Tabakblättern in Zigarettenfabriken.

c) Fließstraße mit konstant-permanenter Fertigung

Als letztes Beispiel wollen wir die Herstellung von Sauerstoff heranziehen. Der Fertigungsablauf vollzieht sich wie folgt: Frischluft wird angesogen und "strömt durch ein mechanisches Filter zur 1. Stufe des 3-stufigen Verdichters, verläßt diesen nach der 1. Stufe und wird im Waschturm, in den sie von unten eintritt, durch entgegeneselnde Natronlauge vom CO_2 befreit. ... Im Waschturm gelangt die Luft in die 2. und 3. Stufe des Kompressors und wird auf 25 at verdichtet. Dem Kompressor ist ein Abscheider nachgeschaltet, in dem etwa mitgerissenes Öl und Kondenswasser ausgeschieden werden. Dann strömt die Luft dem ... Trockner zu."²⁾ "Die gereinigte ... Druckluft wird in einem zweiten Kompressor auf 200 at zu Hochdruckluft komprimiert und im Ölabscheider nochmals gereinigt. Nach einer Vorkühlung ... gelangt sie in die eigentliche Verflüssigungsanlage, deren Kernstück der Gegenstromapparat ist."³⁾ "Sie durchläuft ihn im Gegenstrom mit dem zurückkehrenden kalten Stickstoff und Sauerstoff. Ungefähr in der Hälfte des Austauschers werden etwa 70 % der Luft abgezweigt und der Expansionsmaschine zugeführt. ... Die restlichen 30 % durchlaufen den ganzen Austauscher."⁴⁾ Am Ende dieser Vorgänge ist die Luft in flüssigem Zustand und wird in eine Druckkolonne eingeblasen, wo sie in ihre Bestandteile zerlegt wird. "Die Trennung der flüssigen Luft ... beruht auf der Verschiedenheit ihrer Siedepunkte (Stickstoff - $195,8^\circ\text{C}$; Sauerstoff - 183°C) und ist deshalb, wie bei jedem Flüssigkeitsgemisch, durch fraktionierte

1) Vgl. a. Riebel, P.: Die Elastizität ..., a.a.O., S. 37

2) Ost-Rassow; a.a.O., 1. Bd., S. 169

3) Tegeder, F.: Verfahren der Chemie-Industrie, Bd. 1, Braunschweig 1955, S. 66

4) Ost-Rassow: a.a.O., Bd. 1, S. 169

Destillation möglich." ¹⁾ Der Ablauf ist im einzelnen nur schwer zu verfolgen, da die Vorgänge sich in geschlossenen Apparaturen abspielen, außerdem sind zahlreiche Rück- und Kreislaufführungen vorhanden.

Die folgende Abbildung mag den Fertigungsablauf näher verdeutlichen: ²⁾

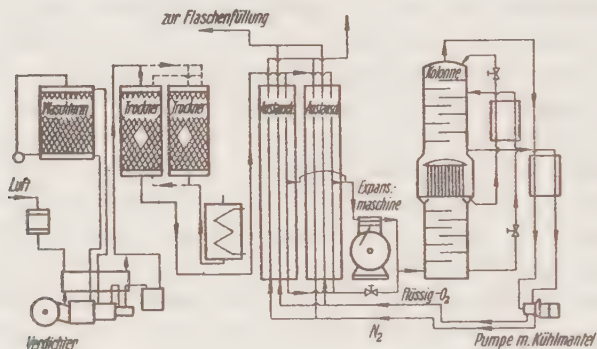


Abbildung 15

Alle Apparate sind entsprechend der Ablauffolge angeordnet und über starre Rohrleitungen miteinander verbunden. Wir finden somit eine räumlich gebundene und geschlossene Fertigung mit starrer Verknüpfung aller Stationen vor. Alle Apparate sind jeweils nur einmal vorhanden, bis auf die Kompressoren, von denen vier Einheiten in den Ablauf eingebaut sind. Somit besteht am Anfang ein aufgespaltener Fertigungsstrang. Alle Verfahren werden kontinuierlich durchgeführt, der Ablauf ist also stetig und zeitlich streng gebunden.

Der Ablauf der Fertigung kann überhaupt nicht unterbrochen werden, er läuft also aus verfahrenstechnischen Gründen konstant-permanent. Eine Unterbrechung ist einmal wegen der langen Stilllegungs- und Anlaufzeiten nicht möglich. Bei einer Stilllegung ist einmal das Auftauen des Eises, das sich an der Apparatur gebildet hat, erforderlich, was beträchtliche Kosten verursacht und Zeit erfordert. Auch die Anlaufzeit ist beträchtlich, sie beträgt etwa 6 Stunden, so daß ein nur schichtweises Arbeiten allein aus diesen Gründen nicht zweckmäßig ist. Es kommt

1) Tegeder, F.: a.a.O., S. 66

2) entnommen: Ost-Rassow, a.a.O., S. 168

hinzu, daß durch ein zu häufiges Stilllegen die Apparatur Schaden nimmt. Vor allem die Rohrleitungen in den Aggregaten und zwischen den Stationen würden platzen oder undicht werden, da sie besonders hohen Temperaturschwankungen ausgesetzt wären.

Wir haben in diesem Fall eine Zwangslauferfertigung im engsten Sinn vor uns, da die räumliche und zeitliche Bindung des Ablaufs starr ist und eine Unterbrechung des Ablaufs nicht möglich ist.¹⁾

Die Regelung des Ablaufs bei der Apparatur erfolgt manuell, es handelt sich um eine Einprodukt-Fließstraße, da kein anderes Produkt als Sauerstoff erzeugt werden kann.

Da der Ablauf nicht unterbrechbar ist, sind besonders Maßnahmen gegenüber möglichen Betriebsstörungen erforderlich. Daher sind zwei Trockner vorhanden. "Ist der erste Trockner erschöpft, so wird der zweite Trockner eingeschaltet und der stillgelegte inzwischen mit heißem trockenen Sauerstoff regeneriert."²⁾

Auch in der Verflüssigungsanlage sind an einer Stelle die Elemente zweifach vorhanden, um einen störungsfreien Ablauf zu gewährleisten. Wenn sich in dem Wärmeaustauscher "Strömungswiderstände bemerkbar machen, so wird der 2. Ast eingeschaltet und der 1. durch warme Luft aufgetaut. Dies ist notwendig, da trotz Waschung und Trocknung Spuren von Wasser, CO_2 , Kohlenwasserstoffen u.a.m. in der Luft verbleiben, die nach längerem Betrieb zu Verstopfungen führen."³⁾

Weitere Beispiele für eine Zwangslauferfertigung i.e.S. finden wir bei der Schwefelsäurefabrikation, in Erdölraffinerien, Zuckerfabriken, Tafelglashütten, Warmwalzwerken, bei der Herstellung von Ammoniak, bei der Zellulosefabrikation, bei der Herstellung von Viskose, bei der

1) Etwa alle 4 Monate ist allerdings ein Auftauen bestimmter Fertigungsstellen erforderlich, z.B. der Rek-tifikationssäule.

2) Ost-Rassow: a.a.O., 1. Bd., S. 169

3) Derselbe, S. 170

Erzeugung von Gas. Bei allen Beispielen handelt es sich im wesentlichen um chemische Vorgänge, die unter großem Energieaufwand vor sich gehen. Meist besteht einheitliche, zeitlich gleichbleibende Massenfertigung.

IV. Abschließende Bemerkungen zu den Erscheinungsformen der natürlich bedingten Fließfertigung

Wir haben zwei Erscheinungsformen der natürlich bedingten Fließfertigung kennengelernt. Die Variationsmöglichkeiten der räumlichen Bindung des Ablaufs sind wesentlich geringer als bei künstlich herbeigeführter Fließfertigung. Daher gibt es in diesem Bereich auch keine Kombinationsformen sondern nur reine Formen der Fließfertigung. Die Unterschiede zwischen den Erscheinungsformen sind daher in räumlicher und zeitlicher Hinsicht relativ gering, sie betreffen vor allem die Art der Unterbrechbarkeit des Ablaufs.

Fragen wir noch kurz nach den industriellen Verhältnissen, bei denen der offene Fließweg und die geschlossene Fließreihe auftreten. Offene Fließwege finden wir vorzugsweise bei der Anwendung physikalischer Verfahren und bei Sortenfertigung. Geschlossene Fließreihen treten vor allem bei vorherrschend chemischer Technologie auf, wobei vielfach einheitliche, zeitlich gleichbleibende Massenfertigung besteht. Die Stoffverwertung ist oft analytisch, bei offenen Fließwegen kann sie auch durchlaufend oder schwach synthetisch sein.

D) Schlußbemerkungen zu den Erscheinungsformen der künstlich herbeigeführten und natürlich bedingten Fließfertigung

I. Die Fertigungsanordnung entlang der Transportbahn des Materials als gemeinsames Prinzip der Erscheinungsformen der Fließfertigung

Nachdem wir die zahlreichen Erscheinungsformen der Fließfertigung am Beispiel beschrieben und erläutert haben, fragen wir nun nach dem Prinzip der Fertigungsanordnung, das allen Formen gemeinsam zugrunde liegt. Wir hatten am Anfang unserer Arbeit das Prinzip der Fließfertigung als die Anordnung der Produktionsmittel und Arbeitsplätze in der Reihenfolge der Fertigungsvorgänge für das herzustellende Produkt bezeichnet. Betrachten wir die verschiedenen Erscheinungsformen, so müssen wir feststellen, daß dieses Prinzip nicht für alle gilt, so z.B. nicht für die Anordnung der Werkstätten nach dem Fertigungsfluß, die Fertigung mit flexibler Verknüpfung und die mobilen Fließfertigung. Wir müssen uns daher fragen, was dann das gemeinsame Anordnungsprinzip aller Erscheinungsformen ist. Es zeigt sich uns sehr deutlich bei der Anordnung von Transferstraßen. "Von der Anlagenseite aus gesehen ist ein automatisierter Betrieb oder Betriebsteil fast immer dadurch gekennzeichnet, daß die Spezialmaschinen um das Haupttransportelement gebaut werden."¹⁾ Wir meinen, daß die Anordnung von Produktionsmitteln und Arbeitsplätzen entlang einer Förderanlage das Prinzip darstellt, das allen Erscheinungsformen der Fließfertigung gemeinsam ist. Machines "are usually grouped around the conveying mechanism which is the heart of serialized production flow."²⁾

- 1) Malzacher, H.: Planung, Führung und Erhaltung industrieller Unternehmungen, Wien - New York 1965, S. 9; siehe auch Schachtschabel, H.G.: a.a.O., S. 33
- 2) Bethel, L.L./Atwater, F.S./Smith, G.H./Stackmann, H.A.: Industrial Organization and Management, 2nd. ed., New York - Toronto - London 1950, S. 228; vgl. a. Illetschko, L.: Innerbetrieblicher Transport ..., a.a.O., S. 18: Es wird "das Fließband, die Förderanlage ... zur Verkörperung der Infrastruktur des Betriebes." Siehe auch Rieppel, P.: a.a.O., S. 20

Eine Förderanlage besteht aber nicht bei der Anordnung von Werkstätten nach dem Fertigungsfluß, denn hier werden die zu bearbeitenden Teile mit Einzelfördermitteln transportiert. Auch bei geschlossenen Fließstraßen braucht nicht immer eine Förderanlage vorhanden sein, da die Produkte auch manuell weitergegeben werden können. Wir müssen daher unsere vorher getroffene Aussage etwas allgemeiner fassen. Das Prinzip der Anordnung von Produktionsmitteln und Arbeitsplätzen bei allen Erscheinungsformen der Fließfertigung besteht darin, daß sie entlang der Transportbahn des Materials angeordnet sind. Es kann sich dabei um eine Anordnung von Werkstätten, Maschinengruppen oder von Einzelmaschinennach diesem Prinzip handeln.¹⁾

Wir wollen noch kurz prüfen, wie es bei den verschiedenen Erscheinungsformen mit dem Prinzip der Anordnung der Produktionsmittel und Arbeitsplätze in der Reihenfolge der Fertigungsvorgänge des herzustellenden Produkts steht. Zunächst ist zu sagen: "It is a mistake to think of the straight-line method of production as applying only where a single product is to be run for a long period of time."²⁾ Die Aufstellung der Maschinen nach der Ablauffolge eines einzelnen Produkts finden wir nämlich nur bei maschinellen, geschlossenen Fließstraßen mit zeitlich strenger Bindung. Bei Fließstraßen mit zeitlich lockerer Bindung können bereits mehrere gleiche Produkte gefertigt werden, die sich in ihren Abmessungen unterscheiden. Betrachten wir die offene Fließstraße, so erfolgt ihr Aufbau nicht nach der Ablauffolge nur eines Produkts, sondern mehrerer, die sich nicht nur in ihren Abmessungen sondern auch in ihrer Ablauffolge bereits geringfügig unterscheiden können. Bei dem mobilen Fließweg können verschiedene Produkte gefertigt werden, die in ihrer Form erheblich voneinander abweichen und im Arbeitsablauf einen unterschiedlichen Gang aufweisen. Bei der Fertigung mit flexibler Verknüpfung

1) Vgl. Matthee, G.: Beschleunigung des Fertigungsflusses
..., a.a.O., S. 464

2) Immer, J.: Layout Planning Techniques, a.a.O., S. 179

liegt eine "Anordnung nach Teilefamilien" vor,¹⁾ wobei zu einer Teilefamilie eine unterschiedliche große Zahl von Einzelteilen gehören kann. "Anstelle der auf bestimmte Produkte oder Produktgruppen spezialisierten Betriebe werden die Betriebe auf gewisse Teilegruppen spezialisiert. Es entstehen Fabrikationsstraßen ... für bestimmte Teilekategorien, die sogenannten Teilefamilien."²⁾

Bei der Anordnung der Werkstätten nach dem Fertigungsfluß schließlich ist es eine ganze Zahl von Produkten, nach denen die Maschinen und Aggregate angeordnet werden. So wird ersichtlich, daß von einer Anordnung nach dem Ablauf eines Produkts bei allen Erscheinungsformen der Fließfertigung nicht mehr gesprochen werden kann. Vielmehr ist es so, daß mit zunehmender Verwirklichung der reinen Fließfertigung die Zahl der Produkte und ihrer Verschiedenheit, die innerhalb einer in sich geschlossenen Fertigungsanordnung bearbeitet werden können, sich verringert.

II. Die "zwangsläufige Fließfertigung" - die "schwach manipulierbare Fließfertigung" - die "erheblich manipulierbare Fließfertigung" - drei Grundformen der Fließfertigung

Wenn wir die verschiedenen Erscheinungsformen der Fließfertigung nicht unter dem Gesichtspunkt der Art ihrer Entstehung betrachten, also ob sie natürlich bedingt oder künstlich herbeigeführt sind, sondern unter dem Aspekt der Veränderungsmöglichkeiten des Fertigungsinhalts, damit der qualitativen Elastizität,³⁾ so können wir drei Grundformen unterscheiden, die wir vielleicht auch als Typen der Fließfertigung bezeichnen könnten.

Bei der "zwangsläufigen Fließfertigung" besteht keine Möglichkeit, die Ablauffolge kurzfristig zu verändern.

1) Vgl. Bloch, W.: Methoden der Rationalisierung - Durchführungsverfahren. In: Industrielle Organisation, 35. Jg. (1966), S. 143 - 159, S. 151

2) Dill, P.: a.a.O., S. 283

3) Vgl. zu diesem Begriff Riebel, P.: Die Elastizität ..., a.a.O., S. 119

"Die vertikale Hintereinanderschaltung vieler Einzweckmaschinen, ihre gemeinsame Synchronisierung und ihre enge ... mechanisierte Arbeitsverbindung machen selbst kleine Produktionsänderungen schon außerordentlich schwierig, denn oft ist es mit der Veränderung eines einzigen Betriebsteils nicht getan, sondern es werden kostspielige Änderungen an der Gesamtanlage erforderlich."¹⁾ Auch die quantitative Anpassungsfähigkeit, d.h. die Möglichkeiten, sich an Änderungen der Beschäftigung durch eine Manipulation der Leistungsmenge anzupassen, ist in diesen Fällen gering.²⁾

"Die hohe Empfindlichkeit gegenüber Beschäftigungsschwankungen, die uns bei Zweigen mit natürlicher Fließfertigung, wie in der Papierindustrie und in der Herstellung von Schwerchemikalien oder in neuerer Zeit in der Zellwollefabrikation, geläufig ist, wurde mit der künstlichen oder organisierten Fließfertigung auch auf diese ursprünglich sehr beweglichen Zweige übertragen. Insbesondere dort, wo es zur automatischen, taktierten Fließbandfertigung kommt, muß nun auch in diesen Zweigen von einer gewissen Zwangsläufigkeit der Fertigung gesprochen werden."³⁾ Wir zählen zur zwangsläufigen Fließfertigung die geschlossenen Fließstraßen bei natürlich bedingter und bei künstlich herbeigeführter Fließfertigung, wenn eine zeitlich strenge Bindung des Ablaufs besteht, sowie Transferstraßen mit lokaler Verkettung. Manuelle Fließstraßen zählen nicht hierzu.

All diesen Formen ist grundsätzlich gemeinsam, daß bei ihnen die Fließfertigung besonders intensiv ausgeprägt ist. Hier zeichnet sich die Fertigungsanordnung durch

-
- 1) Roeper, H.: Dezentralisierte Produktion. In: BFuP, 2. Jg. (1950), S. 528 - 556, S. 538 f.
 - 2) Vgl. zum Begriff der quantitativen Elastizität Riebel, P.: Die Elastizität ..., a.a.O., S. 106; Gutenberg, E.: Grundlagen ..., a.a.O., S. 368
 - 3) Schäfer, E.: Betriebswirtschaftliche Marktforschung, a.a.O., S. 77 f.; siehe auch Steeger, A.: Wesen der Automatisierung in der Fertigungstechnik. In: Umschau in Wissenschaft und Technik, 57. Jg. (1957), S. 143 - 145, S. 143

äußerste Zwangsläufigkeit aus, in dem sie "den Produkten nicht nur einen festen unveränderlichen Weg zuweist, sondern auch ... das Tempo der Erzeugung den starren Geboten der Zwangsläufigkeit unterwirft. Nichts ist charakteristischer für die Betriebsgestaltung ... als der Umstand, daß man den Transportmitteln, die innerhalb des Betriebes verkehren, einen festen zwangsläufigen Fahrplan gegeben hat!"¹⁾

Bei der "schwach manipulierbaren Fließfertigung"²⁾ besteht kein unbedingter Zwang zu einem immer gleichbleibenden Ablauf. Gewisse Manipulationen sind also denkbar, wie z.B. das Überspringen einzelner Fertigungsstellen, wenn auch der Rahmen hierfür relativ eng gezogen ist. Hierzu zählen wir die offenen Fließwege bei natürlich bedingter und künstlich herbeigeführter Fließfertigung, manuelle Fließfertigung sowie maschinelle Fließfertigung bei geschlossener Fertigungsfolge und zeitlich lockerer Bindung sowie die mobile Fließfertigung auf Grund der Flexibilität der Produktionsmittel.

Bei der "erheblich manipulierbaren Fließfertigung" ist der Spielraum, der für Änderungen des Fertigungsablaufs besteht, erheblich größer, wenn auch hier gewisse Einschränkungen bestehen. Hierunter fallen die Anordnung der Werkstätten nach dem Fertigungsfluß, die Fertigung mit flexibler Verknüpfung und die mobile Fließfertigung auf Grund der Beweglichkeit der Transportmittel.

Versuchen wir, die Grundformen näher zu kennzeichnen, so kommen wir zu folgender Übersicht:

-
- 1) Schmalenbach, E.: Die Betriebswirtschaft an der Schwelle der neuen Wirtschaftsverfassung. In: ZfhF, 22. Jg. (1928), S. 241 - 251, S. 243 f.
 - 2) Unter Verwendung der Bezeichnung "manipulierbare Fertigung" von Bezdecka, H.: a.a.O., S. 76

Grundform	Spezialisierungsgrad	Räumliche Bindung	Zeitliche Bindung
Zwangsläufige Fließfertigung	Einprodukt-Fließstraße	Gebundene und geschlossene Fertigungsfolge, starre Verknüpfung	streng gebunden
schwach manipulierbare Fließfertigung	Mehrprodukt-Fließstraße	gebunden, nicht geschlossene Fertigungsfolge, starre Verknüpfung	locker gebunden
Erheblich manipulierbare Fließfertigung	Einverfahren Maschinen	ungebundene oder gebundene Fertigungsfolge, flexible oder keine Verknüpfung	ungebunden

Übersicht 6

Zu diesen Grundformen ist noch zu sagen, daß eine ganz klare und eindeutige Zuordnung eines Merkmals nicht immer möglich ist, so ist die zeitliche Bindung bei einer Transferstraße mit lockerer Verknüpfung nicht streng, sondern locker. Umgekehrt ist es bei manueller Fließfertigung, bei der die zeitliche Bindung streng sein kann, die aber zur schwach manipulierbaren Fließfertigung zu zählen ist.

5. Kapitel: Die Reichweite der Fließfertigung

I. Vorbemerkung

Die Fließfertigung ist im allgemeinen nicht durchgehend verwirklicht, sondern oft sind nur Teilabschnitte der Produktion nach dem Prinzip der Fließfertigung angeordnet, deren Reichweite unterschiedlich groß sein kann.

Bei der Betrachtung eines Betriebes müssen zwei verschiedene Aspekte unterschieden werden.¹⁾ Die Reichweite der Fließfertigung kann sich einmal beziehen auf den Ablauf für ein Produkt, In diesem Fall wird es so sein, daß in einem Abschnitt die Produktionsmittel nach dem Prinzip der Fließfertigung angeordnet sind, während für einen anderen die Maschinen nach dem Prinzip der Werkstattfertigung aufgestellt sind. Es ist aber auch möglich, daß in allen Abschnitten der Fertigung die Produktionsmittel nach dem Prinzip der Fließfertigung angeordnet sind. Damit liegt eine vertikal-partielle bzw. totale Reichweite vor. Der Grad der Verwirklichung der Fließfertigung kann unterschiedlich hoch sein. Um eine gewisse Kennzeichnung zu ermöglichen, wollen wir den Fertigungsablauf allgemein in drei Phasen aufteilen, wobei eine Phase einen in sich geschlossenen Teilabschnitt der gesamten Fertigungsvorgänge darstellt. Henglein hat eine Dreiteilung in folgender Weise für Abläufe in chemischen Betrieben vorgenommen. Er unterscheidet: 1. Die Vorbereitung der Stoffe zur Reaktion. 2. Die eigentliche Reaktion. 3. Die Aufarbeitung der Reaktionsprodukte.²⁾ Diese Dreiteilung des Fertigungsablaufs läßt sich in entsprechender Weise auch auf Verhältnisse mit mechanischer Technologie übertragen. Hier können wir die erste Phase allgemein als Vorbereitung des

1) Vgl. zu diesem Abschnitt auch Ohse, H.: a.a.O., S. 635 f.

2) Vgl. Henglein, F.A. : a.a.O., S. 19. Diese Dreiteilung besteht auch bei anderen Autoren. Vgl. z.B. HaX, K.: Grundlagen ..., a.a.O., S. 63; Heiner, H.: a.a.O., S. 106; Riebel, P.: Chemische Industrie. In: HdSW, Bd. 2 S. 492 - 505, S. 496

Materials für den Kernvorgang umschreiben. In der zweiten Stufe wird der eigentliche Kernvorgang der Fertigung durchgeführt und in der dritten Phase erfährt das Produkt noch eine Nachbehandlung. Diese mehr allgemein beschriebenen Vorgänge in den einzelnen Phasen haben nun je nach der Art der Stoffverwertung einen unterschiedlichen Inhalt. Bei synthetischer Stoffverwertung können die drei Phasen wie folgt benannt werden: 1. Fertigung der Einzelteile. 2. Zusammenbau der Einzelteile zum fertigen Produkt. 3. "Fertigmachen" des Produkts (z.B. Oberflächenbehandlung, Prüfen.) und Verpackung. Bei durchlaufender Stoffverwertung finden wir in der ersten Phase eine Vorbehandlung des Fertigungsmaterials, in der zweiten Phase die Formgebung des Produkts und in der letzten Stufe eine Nachbehandlung des fertigen Erzeugnisses.¹⁾ Wir wollen nun von einphasiger, zweiphasiger und totaler Reichweite der Fließfertigung sprechen, wenn diese Fertigungsanordnung in einer Phase, in zwei oder in allen drei Phasen der Fertigung verwirklicht ist. Es ist dabei zu beachten, daß eine Fertigungsphase nicht nur aus einer, sondern auch aus mehreren Fließstrecken bestehen kann.

Wenn wir die Abläufe aller im Betrieb gefertigten Produkte untersuchen, werden wir nicht selten feststellen, daß ein Teil der Produkte in Fließfertigung hergestellt wird, während bei den übrigen die Produktionsmittel bzw. Arbeitsplätze nach einem anderen Prinzip angeordnet sind. Liegt dieser Fall vor, wollen wir von horizontaler Reichweite sprechen. Wenn in einem Betrieb eine größere Zahl von Produkten hergestellt wird und davon ein Produkt oder mehrere auf Fließstraßen hergestellt werden, wollen wir von einer horizontal-partiellen Reichweite sprechen, besteht diese Fertigungsanordnung für alle Produkte, so liegt eine horizontal-totale Reichweite vor.

1) Heiner unterteilt den Fertigungsablauf in einer Weberei in die Phasen Vorbereitung, Nachbearbeitung. Zur Vorbereitung zählt er die Schußpulerei, Zettlerei, Schlichterei, Schärerei und Einzieherei, zur Nachbearbeitung die Prüfung, Bürsterei, Schererei und Rauherei, vgl. Heiner, H.A.: a.a.O., S. 106

II. Die "vertikale Reichweite" der Fließfertigung

1. Die partielle vertikale Reichweite

a) Die Fließinsel

Diese Bezeichnung wird in unterschiedlicher Weise verwendet, so daß eine kurze Klärung erforderlich ist. Bei der Fließinsel handelt es sich um die Verknüpfung von zwei bisher getrennt ausgeführten Fertigungsvorgängen.¹⁾ Wir sprechen von einer Insel, weil diese zwei Maschinen, die nun direkt miteinander verbunden sind, sozusagen "von Werkstattfertigung umgeben sind". Das Bild einer Insel entsteht deshalb, weil in der jeweiligen Abteilung alle übrigen Maschinen nach dem Verfahren angeordnet sind. Teilweise spricht man auch dann von einer Fließinsel, wenn eine Komplexfertigung vorliegt, d.h. wenn ein bestimmtes Teil in Fließfertigung hergestellt wird, während für andere Teile ein anderes Fertigungssystem, z.B. Werkstattfertigung, besteht.²⁾ Der Gedanke an eine Fließinsel könnte eigentlich nur dann auftreten, wenn für eine bestimmte Produktgruppe eine Komplexfertigung besteht, die nach dem Prinzip der Fließfertigung aufgebaut ist, während alle übrigen Erzeugnisse in Werkstattfertigung hergestellt werden³⁾. In diesem Fall liegt in einem weiteren Sinne auch eine Fließinsel vor, da auch hier Anlagen nach dem Prinzip der Fließfertigung angeordnet sind, die von Produktionsmitteln umgeben sind, die nach einem anderen Prinzip

-
- 1) Vgl. Mäckbach, H.: Was ist Fließarbeit? a.a.O., S. 8. Der Begriff der Fließinsel geht zurück auf Schulz-Mehrin, O.: Selbstkostenberechnung bei der fließenden Fertigung. In: Fließarbeit. Beiträge ..., a.a.O., S. 233 - 241, S. 233. Es findet sich hierfür auch der Begriff "Fließnest", Vgl. z.B. Rockstroh, O.: Materialfluß. In: Zeitschrift für wirtschaftliche Fertigung, 57. Jg. (1962), S. 191 - 193, S. 193.
 - 2) Vgl. z.B. Beste, Th.: Fertigungswirtschaft ..., a.a.O., S. 147.
 - 3) Vgl. a. Buser, P.: a.a.O., S. 37.

aufgestellt sind. Wir halten es jedoch für zweckmäßig, die Bezeichnung Fließinsel auf den von uns zuerst genannten Fall zu beschränken. Beispiele sind "Zusammenstellung von Drehmaschinen für erste und zweite Aufspannung oder für Vor- und Fertigbearbeitung des gleichen Werkstücks, Verknüpfung von Außen- und Innenschleifmaschine."¹⁾ "Auf solchen Maschinengruppen sind jedoch nicht mehr als zwei höchstens drei aufeinanderfolgende Arbeitsgänge aus dem gesamten Arbeitsablauf des Werkstücks zusammengefaßt, so daß das Verrichtungsprinzip überwiegt."²⁾

b) Einphasige Reichweite

Die Fließfertigung kann eine ganze Fertigungsphase umfassen, sie kann sich dabei beziehen auf die Vor-, Haupt- oder Nachstufe. Ob nun die Fließfertigung am Anfang oder mehr zum Ende hin verwirklicht ist, richtet sich nach den speziellen Verhältnissen in den Betrieben. Sie wird immer dann auftreten, wenn größere Mengen von Produkten eine gleichlaufende Bearbeitung erfahren.³⁾ Bei Betrieben mit synthetischer Stoffverwertung finden wir eine Fließfertigung vielfach bei der Montage, also gegen Ende des Fertigungsablaufs. In Betrieben mit durchlaufender Stoffverwertung dagegen finden wir häufig Fließfertigung zu Beginn der Fertigung, während im letzten Fertigungsabschnitt eine Differenzierung in der Behandlung der Erzeugnisse einsetzt, die zu einem anderen Fertigungssystem führt,⁴⁾

1) Matthée, G.: Beschleunigung ..., a.a.O., S. 465 f.
Weitere Beispiele finden sich bei Pötschke, H.: Verkettete Maschinen ..., a.a.O., S. 28 ff.

2) Matthée, G.: Beschleunigung ..., a.a.O., S. 466

3) Vgl. Schiffer, C.: Die ökonomische und sozialpolitische Bedeutung der industriellen Rationalisierungsbestrebungen, Karlsruhe 1928, S. 55

4) Vgl. a. Monnel, W.: a.a.O., S. 31; Wolter, A.: a.a.O., S. 336

Über die Lage der Fließfertigung innerhalb des gesamten Ablaufs lassen sich also keine allgemeinen Grundsätze aufstellen. Sie ist unterschiedlich je nach Art der Stoffverwertung und der Technologie. Manchmal besteht eine Fließfertigung nicht für eine ganze Fertigungsphase, sondern nur für den größten Teil. Es kommt in diesen Fällen dann häufig zu einer "unterbrochenen Fließfertigung", ¹⁾ Sie wird dann auftreten, wenn eine Fertigungsoperation zeitlich zu kurz oder zu lang dauert, so daß es zweckmäßig ist, die Fließstrecke zu unterbrechen.

Bei synthetischer Stoffverwertung und einphasiger Reichweite wird die Teilefertigung und das Fertigmachen des Produkts meistens in Werkstätten vor sich gehen, während die Montage in Fließfertigung vorgenommen wird, ²⁾ wie beispielsweise bei der Herstellung von Rechenmaschinen, Photoapparaten, technischen Uhren oder in den Bekleidungsfabriken. ³⁾ Bei durchlaufender Stoffverwertung finden wir Fließfertigung häufig in der Hauptphase, bei der Formgebung, wie z.B. bei der Tubenherstellung, während die Vor- und Nacharbeiten in Werkstattfertigung durchgeführt werden. Ähnliche Verhältnisse finden wir bei analytischer Stoffverwertung. So wird z.B. die erste Stufe in einer Wurstwarenfabrik, die Zerlegung, in Fließfertigung durchgeführt, während für die folgenden Abschnitte eine Werkstattanordnung besteht. Am häufigsten ist eine "Mischung von Fertigungssystemen" ⁴⁾ aus Fließ- und Werkstattfertigung

-
- 1) Vgl. Muther, R.: Fließende Fertigung, a.a.O., S. 179
 - 2) Vgl. hierzu Kalveram, W.: Industriebetriebslehre, a.a.O., S. 34; Buser, P.: a.a.O., S. 37; Sonnenberg, H.: a.a.O., S. 367; Shubin, H./Madeheim, J.: a.a.O., S. 158 ff.; Timms, H.L.: a.a.O., S. 350
 - 3) Vgl. hierzu Hessland, D.: Fertigungsverfahren in der Näherei, a.a.O., S. 456; Reitmeier, F.: Fertigungsorganisation und Arbeitsstudien in der Bekleidungsindustrie, Mönchengladbach 1966, S. 54 ff.
 - 4) Waffenschmidt, W.: Wirtschaft und Technik, a.a.O., S. 234; Schmidt spricht hier von "Kombinationstyp" als einer Form der Anordnung der Produktionsmittel. Vgl. Schmidt, F.: a.a.O., S. 60; vgl. ferner: Wrba, M.: a.a.O., S. 38; Buffa, E.S.: a.a.O., S. 408; Gwalter, E.: a.a.O., S. 70; siehe auch Owens, R.N.: Management of Industrial Enterprises, 4th ed., Homewood (Ill.) 1961, S. 219; George, C.S.: Management in Industry, 2nd.ed., Englewood Cliffs 1964, S. 160

festzustellen. "Often a combination of the two main types of production layouts ... exists in the same plant to secure the advantages of each type and provide greater flexibility in the production of diversified lines of units."¹⁾ Sie ist besonders häufig bei Betrieben mit mechanischer Technologie, aber auch bei Betrieben mit vorherrschend chemischer Technologie kann es zur Mischung von Fließ- und Werkstattfertigung kommen.²⁾

c) Zweiphasige Reichweite

Sind zwei Fertigungsstufen oder weitere Fertigungsvorgänge nach dem Prinzip der Fließfertigung aufgebaut, können wir häufig ein Zusammenwirken mehrerer Erscheinungsformen der Fließfertigung feststellen. So werden bestimmte Teile für Waschmaschinen nach dem Prinzip der mobilen Fließfertigung hergestellt, während die Montage und das Fertigmachen in geschlossenen Fließstraßen mit zeitlich strenger Bindung vorgenommen wird. Bei der Motorenherstellung werden die meisten Einzelteile auf Fertigungswegen mit flexibler Verknüpfung gefertigt, während die Montage auf geschlossenen Fließstraßen mit zeitlicher Bindung erfolgt. Bei Betrieben mit hochsynthetischer Stoffverwertung, z.B. bei der Herstellung von Waschmaschinen, wird sich eine totale Verwirklichung der Fließfertigung selten erreichen lassen. Sie bleibt oft auf die Bearbeitung größerer Einzelteile und den Zusammenbau beschränkt. "Die kleinen Einzelteile, deren Arbeitsgang in der Regel - auch wenn die Teile in größerer Stückzahl ... anfallen - im Verhältnis zum Arbeitstakt eine viel zu kurze Zeitdauer in Anspruch nehmen, werden in Sonderwerkstätten... gefertigt."³⁾

-
- 1) Mallick, R.W./Gaudreau, A.F.: Plant Layout - Planning and Practice, New York - London 1960, S. 55. Es ist darauf hinzuweisen, daß auch ein Zusammenwirken mit einer anderen Betriebsform vorkommt, z.B. mit der sog. Heimarbeit. In diesem Fall wird ein Teil des Fertigungsablaufs außerhalb des Betriebes durchgeführt, wie wir es z.B. in der Spielwaren- und Bekleidungsindustrie finden. Vgl. Isaac, A.: Alte und neue Produktionsmethoden, a.a.O., S. 698 f.
 - 2) Vgl. Kölbel, H./Schulze, J.: Fertigungsvorbereitung ... a.a.O., S. 31 f.
 - 3) Funke, H./Blohm, H.: a.a.O., S. 53; vgl. a. Sonnenberg, H.: a.a.O., S. 367

Es ist auch ein Zusammenwirken von anlagenzentrierter Fertigung und Fließfertigung möglich. So erfolgt in Zigarettenfabriken die Bearbeitung der Tabakblätter und die Verpackung der Zigaretten, also die erste und die dritte Phase auf Fließstraßen, während die Herstellung der Zigarette selbst auf sog. Zigarettenmaschinen vorgenommen wird, was eine anlagenzentrierte Fertigung darstellt.

2) Totale vertikale Reichweite

Eine totale vertikale Reichweite der Fließfertigung finden wir vor allem bei der natürlich bedingten Fließfertigung.¹⁾ Beispiele sind die Herstellung von Schwefelsäure, Zellwolle, Zellulose, Schokolade, Zucker usw. Auch in diesen Zweigen können verschiedene Erscheinungsformen zusammenwirken. Dies ist besonders deutlich bei der Zementherstellung, "wo eine Stufe ununterbrochen (in drei Schichten an 7 Wochentagen) arbeiten muß, während die Vor- oder Nachstufe ... nur an 5 Wochentagen im 1-Schicht-Betrieb arbeitet."²⁾ In der Hauptstufe wird also konstant-permanent gearbeitet, während in den anderen beiden Fertigungsstufen die Fertigung nicht beliebig unterbrechbar ist.³⁾

Fälle für eine künstlich herbeigeführte Fließfertigung mit totaler vertikaler Reichweite sind seltener anzutreffen. Ein Beispiel finden wir jedoch in der Automobilfabrik,⁴⁾ unter bestimmten Voraussetzungen auch in Kugellagerfabriken⁵⁾ sowie in Schuhfabriken. Schließlich ist darauf hinzuweisen, daß auch ein Zusammen-

1) Vgl. a. Funke, H./Blohm, H.: a.a.O., S. 52; Moore, F./Welti, O.: a.a.O., S. 149

2) Männel, W.: a.a.O., S. 24

3) Vgl. a. Hax, K.: Industriebetrieb, a.a.O., S. 251

4) Vgl. Schmidt, F.: a.a.O., S. 66. Hier ist ein Zusammenwirken von manuellen und maschinellen Fließstraßen festzustellen. Vgl. a. Pietsch, M.: Die Auswirkungen der "Automation" auf den Produktionsprozeß. In: ZfhF N.F., 8. Jg. (1956), S. 449 - 458, S. 456

5) Vgl. Kettner, S.: Automatisierung in der Fertigung. In: VDI-Zeitschrift, 98. Jg. (1956), S. 571 - 576, S. 573

menwirken von Erscheinungsformen der natürlichen und künstlichen Fließfertigung möglich ist. So finden wir in Betrieben mit natürlicher Fließfertigung am Ende der Fertigung oft Verpackungs- oder Abfüllstraßen, geschlossene Fließstraßen mit zeitlich strenger Bindung, als künstlich herbeigeführte Fließfertigung, z.B. bei Zuckerfabriken. Es kann auch vorkommen, daß sich an die ersten Stufen einer natürlichen Fließfertigung bei räumlich geschlossener Fertigung eine weitere Bearbeitung auf einer künstlich organisierten Fließstraße anschließt, z.B. bei der Herstellung von Rohren aus Asbestzement.

Bei totaler Reichweite können verschiedene Grade der Intensität der Verwirklichung der Fließfertigung bestehen. Die Intensität ist um so höher, je geringer die zeitlichen Unterbrechungen zwischen aufeinanderfolgenden Fertigungsvorgängen sind.¹⁾ So können alle Fertigungsstellen, die ein Produkt zu durchlaufen hat, nach dem Prinzip der Fließfertigung angeordnet sein, ohne daß es dabei zu einer zeitlichen Unterbrechung im Fertigungsfluß und damit zu einer Zwischenlagerbildung kommt. Einen solchen lagerlosen Erzeugungsablauf vom Beginn bis zum Ende der Fertigung finden wir nur bei Erscheinungsformen der natürlichen Fließfertigung. Hier werden meist ungeformte Produkte hergestellt. Da diese "in sich nicht zusammenhalten, bedarf es ... zu ihrer Lagerung ... besonderer Vorkehrungen"²⁾, und da diese Güter meist relativ schnell in größeren Mengen anfallen, würde eine Zwischenlagerbildung umfangreiche Vorrichtungen und erhebliche Raumflächen erfordern. Außerdem bietet sich in vielen Betrieben mit natürlich bedingter Fließfertigung vielfach lagerloser Fertigungsablauf an, weil das Produkt in einem Zug hergestellt werden kann (und folglich eine künstliche Unterbrechung unwirtschaftlich wäre...)." ³⁾ Bei künstlich herbeigeführter Fließfertigung, also "bei der Be- oder Verar-

1) Kirsch, W.: a.a.O., S. 17

2) Riebel, P.: Mechanisch-technologische ..., a.a.O., S. 419

3) Schwarz, H.: Grundfragen der Abstimmung von Materialbeschaffung, Fertigung und Vertrieb, Freiburg im Breisgau 1959, S. 45

beutung von Stückgütern läßt sich solch ein lagerloser Erzeugungsablauf meist nur annähernd für einige Stufen der Erzeugung realisieren."¹⁾

Die höchste Intensität finden wir dort, wo neben einer zeitlich nicht unterbrochenen Fertigungsfolge die Anlagen Tag und Nacht in Betrieb sind, also bei konstant-permanenter Fertigung.

3. Die Formen der vertikalen Verbundenheit von Produktionssträngen

a) Vorbemerkung

Wenn wir den gesamten Fertigungsablauf für ein Produkt betrachten, ist es häufig so, daß ein Erzeugnis in mehreren Fließfolgen hergestellt wird.²⁾ Die Gesamtheit der Fließfolgen für ein Produkt wollen wir als Gesamtstrang bezeichnen, ihre Elemente als Teilstränge. Bei einer Fertigung nach dem Werkstättenprinzip können wir dagegen nicht von einem Fertigungsstrang sprechen, "weil ihr Charakteristikum, die Standortverteilung der einzelnen Produktionsmaschinen und Arbeitsplätze in der Folge der Arbeitsvorgänge am zu fertigenden Erzeugnis ... fehlt."³⁾

Je nach der Art der Verbundenheit der Teilstränge können wir bestimmte Grundformen der "Strangbildung" (E.Schäfer) unterscheiden, die vor allem von der Art der Stoffverwertung beeinflußt werden.⁴⁾ Die einfachste Form der Verbundenheit von Produktionssträngen bildet die Hintereinanderschaltung von mehreren Fließstrecken in einer Reihe, ohne daß Verzweigungen auftreten. Diesen Fall wollen wir als unverzweigtes Strangbild bezeichnen, das uns vor allem

1) Männel, W.: a.a.O., S. 21

2) Vgl. Carnap, G.: a.a.O., S. 32

3) Schmidt, F.: a.a.O., S. 64

4) Nordsieck bezeichnet dies als "Typen der Reihung", vgl. Nordsieck, F.: Rationalisierung ..., a.a.O., S. 143. Kölbel und Schulze sprechen von "Grundtypen von Materialflusssystemen". Vgl. Kölbel, H./Schulze, J.: Der Materialfluß ..., a.a.O., S. 808

in Betrieben mit durchlaufender Stoffverwertung begegnet, Daneben können wir das auseinanderlaufende oder divergierende Strangbild und das zusammenlaufende oder konvergierende Strangbild unterscheiden,¹⁾

Beide Formen treten bei analytischer bzw. synthetischer Stoffverwertung auf. Die Stellen, an denen eine Fließfolge auf eine andere stößt oder sich von einer anderen trennt, wollen wir allgemein als "Nahtstellen" bezeichnen. Hier kommt es in vielen Fällen zu einer Bildung von Zwischenlagern.

Es ist noch darauf hinzuweisen, daß die Grundformen der Strangbildung am deutlichsten ausgeprägt sind, wenn der gesamte Fertigungsablauf für ein Produkt nach dem Prinzip der Fließfertigung erfolgt.

b) Das unverzweigte Strangbild

Der unverzweigte Strang ist die einfachste Form der Strangbildung der in den meisten Fällen aus einer Folge mehrerer Fließstrecken besteht. Wir können dieses Strangbild schematisch wie folgt darstellen:²⁾



Abbildung 16

Das unverzweigte Strangbild tritt vor allem bei durchlaufender Stoffverwertung auf, z.B. bei der Tubenherstellung oder der Schraubenfertigung. Die Fertigung ist leicht überschaubar, daher sind die Probleme bei der Planung und Steuerung des Ablaufs relativ gering.

1) Vgl. zu den Bezeichnungen: Kostenrechnung in der chemischen Industrie, a.a.O., S. 64. Da das Strangbild eine Kon- bzw. Divergenz aufweist, spricht Kosiol hier von "vergenztechnischen Verfahren". Vgl. Kosiol, E.: Die Unternehmung ..., a.a.O., S. 157 f; siehe auch Schweitzer, M: Probleme der Ablauforganisation in Unternehmen, Berlin 1964, S. 13

2) o = Nahtstelle
 ——— = Fließstrecke

c) Das konvergierende Strangbild

Am meisten verbreitet in der Praxis und auch in der Literatur ist der konvergierende Strang. Er tritt nicht nur auf bei totaler Verwirklichung der Fließfertigung, sondern auch schon dann, wenn nur eine der drei Fertigungsstufen nach dem Prinzip der Fließfertigung aufgebaut ist. So ist es bei hochsynthetischer Stoffverwertung, d.h. bei einem Produkt, welches aus einer großen Anzahl von Einzelteilen besteht, "oft zweckmäßig, die Zusammenbau-Fließstraße in mehrere Baugruppen-Fließstraßen und eine Fertigbau-Fließstraße zu unterteilen."¹⁾ Bei zweiphasiger Reichweite der Fließfertigung kommt es zu einem konvergierenden Strang, wenn für die einzelnen Teile jeweils Fließstraßen bestehen, die nach ihrer Fertigstellung in die Montagestraße einmünden.²⁾ Von vielen Autoren wird in diesen Fällen das Bild eines Flusses oder Stromes verwendet, um die Form der Verbundenheit der Teilstränge deutlich zu machen. "A synthetic process will usually be laid out to resemble a river. Just as a river 's tributaries merge together as the river continues downstream, so also do the various materials and parts of a synthetic process merge together into the completed assembly as one follows the layout path through the plant."³⁾ Die Stellen, an denen sich die Teilstränge berühren, werden auch als "Mündungspunkte" bezeichnet.⁴⁾

1) Funke, H./Blohm, H.: a.a.O., S. 53

2) Vgl. Mittelstaedt, H.: a.a.O., S. 20; siehe auch Kuhnert, H.: a.a.O., S. 24

3) Bethel, L.L./Atwater, F.S./Smith, G.H./Stackmann, H.A.: a.a.O., S. 227; vgl. hierzu auch: Rieppel, P.: a.a.O., S. 16; Waffenschmidt, W.: Wirtschaft und Technik der Gegenwart, a.a.O., S. 155; Hiscox, W.J.: Factory Layout-Planning and Progress, 4th ed., London 1948, S. 7 f.; Simons, A.M./Dutton, H.P.: Production Management, Chicago 1944, S. 60 f.

4) Vgl. z.B. Böhrs, H.: Organisation ..., a.a.O., S. 193; Refa-Buch: a.a.O., S. 80. Außerdem finden wir die Bezeichnungen: "Knotenpunkt". Vgl. Kuhnert, H.: a.a.O., S. 24 sowie "Kopplungspunkt". Vgl. z.B. Mellerowicz, K.: Betriebswirtschaftslehre ..., a.a.O., S. 121

Die Formen des konvergierenden Strangs sind sehr vielfältig. So kann es sich um ein- oder mehrfaches Zusammenkoppeln handeln.¹⁾ Auch die Anordnung der Teilstränge zueinander kann sehr unterschiedlich sein.²⁾ Das konvergierende Strangbild sieht schematisch dargestellt wie folgt aus:

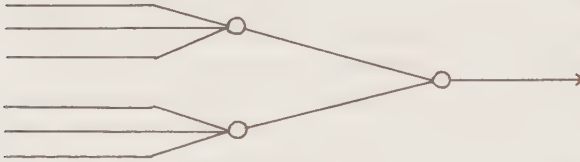


Abbildung 17

Konvergierende Stränge finden wir nicht nur bei künstlicher sondern auch bei natürlicher Fließfertigung.

"Die Angliederung von Fertigungsanlagen zur Teilefertigung an die Haupt-Montagestraßen in mechanisch-technischen Industriezweigen findet in der Verfahrenstechnik in Gestalt der Synthese selbsterzeugter Vorprodukte eine Entsprechung."³⁾

Die Planung des Aufbaus und die Steuerung des Ablaufs der Fertigung ist bei konvergierendem Strangbild besonders schwierig. So kommt beim Aufbau der Leistungsabstimmung der verschiedenen Fließstrecken aufeinander eine besondere Bedeutung zu.⁴⁾ Bei Betrachtung des

- 1) Vgl. Nordsieck, F.: Rationalisierung ..., a.a.O., S. 143
- 2) Vgl. hierzu beispielsweise Immer, J.: Layout Planning Technipues, a.a.O., S. 144 ff.; siehe auch Apple, J.M.: Plant Layout and Materials Handling, 2nd ed., New York 1963, S. 44 ff.; siehe auch Seidel, N.: Praktische Fertigungsverfahren, München 1964, S. 123.; Schmidt, F.: a.a.O., S. 69 f.
- 3) Kölbel, H./Schulze, J.: Der Materialfluß ..., a.a.O., S. 808; vgl. a. Kostenrechnung in der chemischen Industrie, a.a.O., S. 64
- 4) Vgl. Heber, A.: a.a.O., S. 11; siehe auch Latusch, W.: Planung der Fertigungsorganisation, In: Unternehmensplanung, hrsg. von K. Agthe und E. Schnauffer, Baden-Baden 1963, S. 287 - 305, S. 296; Männel, W.: a.a.O., S. 20

Ablauf "ergibt sich das Problem der terminlichen Planung von Arbeitsbeginn-, Arbeitsend- sowie Liefertermin, verbunden mit einer mengenmäßigen Teilebedarfsplanung. Dieses Terminproblem tritt insbesondere bei der Steuerung eines End- und mehrere Nebenmontagebänder auf. Bei dieser Betrachtung interessiert nicht so sehr die Optimierung der Durchlaufzeit auf einem einzelnen Fließband, sondern die Optimierung der gleichzeitigen Fertigung aller Teile auf allen zusammenfließenden Bändern."¹⁾ Neben der zeitlichen Verbindung ist auch die räumliche Verbindung der Fließstrecken von besonderer Bedeutung. Sie kann auf drei verschiedene Arten vorgenommen werden.²⁾ Die einzelnen Teilstränge können mehr oder weniger unabhängig voneinander arbeiten, sie können lose oder starr miteinander verbunden sein. Der erste Fall wird in der Praxis am häufigsten auftreten. Das Werkstück wird auf einer Fließstraße bearbeitet und am Ende einem Zwischenlager zugeführt, von dem es nach Bedarf entnommen wird für den weiteren Fertigungsablauf. Das Material wird meist mit Einzelfördermitteln transportiert. Bei loser Verbindung der Teilstränge sind "zwischen zwei abgetakteten Fertigungsstraßen ...elastische Glieder eingeschaltet, z.B. Staurollbahnen oder umlaufende Läger."³⁾

In diesen Fällen gilt der Gedanke des Materialflusses nicht nur für einen in sich geschlossenen kleineren Bereich der Fertigung, sondern erstreckt sich auf den gesamten oder zumindest größere Teile des Fertigungsablaufs.⁴⁾

- 1) Hoss, K.: Fertigungsablaufplanung mittels operationsanalytischer Methoden, Würzburg - Wien 1965, S. 25; vgl. a. Illetschko, L.: Innerbetrieblicher ..., a.a.O., S. 18; RKW: Praktische Beispiele ..., a.a.O., S. 117 ff.; vgl. hierzu auch Faensen, H.: Der Einzelauftrag in der Massenfertigung - Automatisch gesteuerte Wagenproduktion nach Kundenaufträgen bei Opel. In: Rationalisierung, 8. Jg. (1957), S. 212 - 216
- 2) Vgl. zum folgenden Koch, H.: Fördertechnische Verkettung von Fließbandanlagen. In: Fördern und Heben, 10. Jg. (1960), S. 786 - 794, S. 787 f.
- 3) Ebenda, S. 788; vgl. hierzu auch Bittorf, W.: a.a.O., S. 98
- 4) Vgl. hierzu auch Erdlen, W.: Die Bedeutung des Materialflusses in der Unternehmung. In: Werkstattstechnik, 56. Jg. (1966), S. 299 - 301; Krippendorff, H.: Materialflußplanung. In: 1. Deutsches Materialfluß- und Transport-Handbuch, hrsg. von H. Krippendorff, München 1967, S. 5 - 77, S. 6

So wurden in einem Betrieb für die Herstellung von Rundfunkgeräten insgesamt "1.500 m Transportanlagen unterschiedlicher Konstruktion ... eingebaut. Sie allein ermöglichen es, daß die gesamte Fertigung fließend ohne Zwischenlager abläuft."¹⁾ Sind die Teilstränge starr miteinander verbunden, kommen die Teile von der ersten Fließstrecke direkt zur zweiten. Dieser Fall ist nur bei Transferstraßen denkbar, wird wegen der hohen Abhängigkeit der beiden Straßen aber nur in seltenen Fällen angewendet werden.

d) Das divergierende Strangbild

Bei einem divergierenden Strangbild haben wir zu Beginn der Fertigung einen Strang, der sich anschließend in zwei oder mehrere Teilstränge aufteilt. Während man beim konvergierenden Strangbild den Gedanken an einen Strom zugrundelegt, klingt hier - oft mehr oder weniger deutlich - das Bild eines Baumes an. "An analytic process ... takes the form of a tree as it starts out with a single material or substance ... and spreads out into a variety of resultant materials."²⁾ Die Stellen, an denen sich der Strang "verästelt", wollen wir als Verzweigungspunkte bezeichnen,³⁾ sie können in unterschiedlich großer Zahl vorhan-

-
- 1) Teschner, H.: Materialfluß und Fördersystem einer Rundfunkfertigung. In: Werkstattstechnik, 55. Jg. (1965), S. 215 - 217, S. 217. Fließende Fertigung bedeutet hier, daß zwar Zwischenlager entstehen, die als "wanderndes Zwischenlager" oder "live storage" bezeichnet werden. Vgl. Clausen, H.: Stetigförderer und Fließlager für Transport und Lagerung im Betrieb. In: Werkstattstechnik, 53. Jg. (1963), S. 230 - 233, S. 232
 - 2) Bethel, L.L./Atwater, F.S./Smith, G.H./Stackmann, H.A.: a.a.O., S. 227; siehe auch Hiscox, W.J.: a.a.O., S. 7 f.; Simons, A.M./Dutton, H.P.: a.a.O., S. 60 f.
 - 3) Vgl. Kölbel, H./Schulze, J.: Fertigungsvorbereitung ..., a.a.O., S. 43. Ohse bezeichnet diese Stelle auch als Produktionsweiche. Vgl. Ohse, H.: a.a.O., S. 634; siehe auch Klinger, K.: Zur betriebswirtschaftlichen Klärung des Begriffes der industriellen Kapazität. In: Bfup, 1. Jg. (1949), S. 46 - 60, S. 52; Böhrs bezeichnet diese Stelle als Gabelungspunkt. Vgl. Böhrs, H.: Organisation ..., a.a.O., S. 193

den sein, je nach Art des Rohstoffs und der Betriebstiefe. Das divergierende Strangbild sieht schematisch dargestellt wie folgt aus:

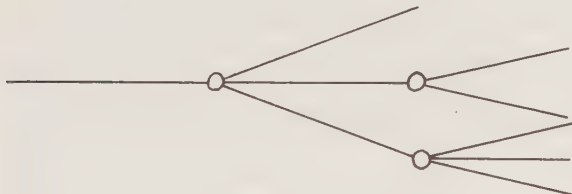


Abbildung 18

Da es sich in den meisten Fällen um eine natürliche Fließfertigung handelt, die von vornherein einen räumlich und zeitlich stark geschlossenen Ablauf aufweist, sind die Probleme bei der Planung und Steuerung des Ablaufs relativ gering.

Wir finden diese Form der Verbundenheit von Fertigungssträngen bei analytischer Stoffverwertung, ein besonders gutes Beispiel ist das Gaswerk,¹⁾ oder auch die Erdoelraffinerie.

e) Das verflochtene Strangbild

Schließlich sind Kombinationen aller drei Grundformen der Verbundenheit von Teilsträngen möglich. Wir wollen diesen Fall als "verflochtene Strangbild" bezeichnen.²⁾ Dieser Fall ist vor allem bei natürlicher Fließfertigung in chemischen Großbetrieben anzutreffen. Das Charakteristische ist hier "die Verzweigung der Produktionsstruktur durch das Entstehen von Kuppelprodukten, die neben dem Verkauf am Markt in eigenen Anlagen weiterverarbeitet werden. Die gleiche produktionsverzweigende Wirkung entsteht auch

1) Vgl. a. Weblus, B.: a.a.O., S. 30

2) Vgl. ebenda, S. 31; siehe auch Kostenrechnung in der Chemischen Industrie, a.a.O., S. 64. Ein Beispiel ist die Herstellung von synthetischem Ammoniumsulfat. Vgl. Weblus, B.: a.a.O., S. 31 f.

dann, wenn ein Zwischenprodukt mit Hilfe verschiedener Verarbeitungsverfahren in nachgeschalteten parallelen Anlagen weiterverarbeitet wird. Mehrstufige Verzweigungen führen, von wichtigen Vorprodukten ausgehend, zu 'Produktionsstammbäumen'. In der chemischen Industrie besteht die Neigung, ... derartige Produktionsstammbäume innerhalb der eigenen Produktion weitgehend zu realisieren."¹⁾ Auf diese Weise "entwickelt sich oft ein ganzes Netz eng miteinander verflochtener Produktionsabläufe."²⁾



Abbildung 19

III. Die horizontale Reichweite der Fließfertigung

1. Partielle horizontale Reichweite

Das Prinzip der partiellen-horizontalen Verwirklichung der Fließfertigung besteht darin, "die am häufigsten fabrizierten und fabrikatorisch ähnlichen Standardtypen herauszunehmen und dafür in einer selbständigen Fabrikationseinheit eine ... Fließfabrikation einzurichten, während für die Vielzahl der übrigen weniger häufig vorkommenden Fabrikate und Spezialausführungen" Werkstätten eingerichtet werden."³⁾

Beispiele finden wir in Tuben-, Kugellager- und Schrauben-

1) Kölbel, H./Schulze, J.: Die Abgrenzung ..., a.a.O., S. 151. Ein Bild des "technischen Acetylenbaums" findet sich bei Weblus, B.: a.a.O., zwischen S. 32 und 33.

2) Riebel, F.: Mechanisch-technologische ..., a.a.O., S. 431

3) Hofer, H.: Die organisatorischen Voraussetzungen eines rationellen Materialflusses. In: Industrielle Organisation, 23. Jg. (1954), S. 37 - 43, S. 39; vgl. a. Immer, J.: Layout Planning Techniques, a.a.O., S.30; Ohse, H.: a.a.O., S. 635

fabriken, bei der Herstellung von Briefumschlägen. In all diesen Fällen werden Standardausführungen, die in größerer Menge nachgefragt werden, auf Fließstraßen gefertigt, während weniger gefragte Ausführungen nach dem Prinzip der Werkstattfertigung hergestellt werden.¹⁾ Es handelt sich bei diesen Beispielen um Betriebe mit durchlaufender oder schwach synthetischer Stoffverwertung.

Eine partielle Verwirklichung finden wir aber auch bei Betrieben mit synthetischer Stoffverwertung. Hierfür fanden wir ein Beispiel in einem Betrieb, der Dampfarmaturen herstellt. Eine Grundtype wird dort von Anfang bis Ende in einer geschlossenen Fließstraße mit zeitlich lockerer Bindung gefertigt, wobei zwischen Teilefertigung und Montage ein Zwischenlager entsteht, das man auch als "Montagelager" bezeichnet. Die Teile für ein Produkt "müssen hier so lange lagern bis alle ... fertiggestellt sind, um die Montage beginnen zu können."²⁾ Bei den übrigen Armaturen werden die Teile in Werkstätten bearbeitet und in Werkbankfertigung montiert.

Weitere Beispiele finden wir in der Elektromotorenfertigung, dort werden kleinere Motoren auf Fließstraßen hergestellt, während bei großen Motoren für die Teilefertigung Werkstattfertigung besteht und die Montage in Baustellenfertigung erfolgt. Auch in Schuhfabriken können wir eine partielle Reichweite der Fließfertigung antreffen. So werden bestimmte Produkte auf Fließstraßen bearbeitet, während andere in Werkstättenfertigung hergestellt werden.

In allen Fällen treffen wir ein Nebeneinander der verschiedenen Fertigungssysteme an.

1) Vgl. auch Ohse, H.: a.a.O., S. 635

2) Henzel, F.: Die Lagerwirtschaft, a.a.O., S. 30; vgl. a. Männel, W.: a.a.O., S. 24; Müssig, P.: a.a.O., S. 74. Da die einzelnen Teile hier gesammelt werden, spricht man auch von einer "kollektirenden Funktion" des Montagelagers. Vgl. Männel, W.: a.a.O., S. 21

2. Totale horizontale Reichweite

a) Vorbemerkung

Fließfertigung für alle Produkte - also eine totale-horizontale Reichweite - finden wir besonders häufig in Betrieben mit natürlich bedingter Fließfertigung. Sie ist besonders ausgeprägt, wenn für den Fertigungsablauf der einzelnen Produkte eine total-vertikale Fließfertigung besteht. Wir können aber bereits dann von einer totalen horizontalen Reichweite sprechen, wenn mindestens eine Fertigungsphase für alle Produkte nach dem Prinzip der Fließfertigung angeordnet ist.

Je nachdem, ob die Fertigungsstränge für die einzelnen Produkte völlig getrennt nebeneinander herlaufen oder ob sie sich an manchen Stellen berühren, können wir zwei Formen der totalen horizontalen Reichweite unterscheiden. Im ersten Fall sprechen wir von einer "Mehrstrangfertigung ohne Verknüpfung", im zweiten von einer "Mehrstrangfertigung mit Verknüpfung" (Begriffe von E. Schäfer).

b) Mehrstrangfertigung ohne Verknüpfung

In einem Betrieb können die Erzeugnisse so hergestellt werden, daß ihre Fertigungsstränge völlig getrennt nebeneinander herlaufen.¹⁾ Es "berührt keine Erzeugnisart einen Betriebsteil, der von einer anderen Erzeugnisart beansprucht wird."²⁾ In diesem Fall wollen wir von einer Mehrstrangfertigung ohne Verknüpfung (E.Schäfer) sprechen.³⁾ In all diesen Fällen besteht meist auch eine totale vertikale Reichweite der Fließfertigung. Hierbei sind verschiedene Möglichkeiten zu unterscheiden. Es kann sich um Stränge handeln, die jeweils mit den gleichen Produktionsmitteln arbeiten, jedoch Produkte in verschiedener Ausführung hervorbringen.⁴⁾

1) Vgl. Mellerowicz, K.: Kosten und Kostenrechnung, Bd. I Theorie der Kosten, 4. Aufl., Berlin 1963, S. 234

2) Ebenda, S. 247

3) Vgl. zu dem Begriff auch Löw, K.: a.a.O., S. 44

4) Vgl. Ohse, H.: a.a.O., S. 620

Ein Beispiel hierfür finden wir bei der Herstellung von Zellwolle. Hier laufen drei Stränge durchgehend nebeneinander her, ohne sich zu berühren. Die Stränge können so aufgebaut sein, daß auf ihnen jeweils unterschiedliche quantitative Leistungen erbracht werden. So kann z.B. ein Teil der Produkte in einer automatisierten Fließstraße gefertigt werden, während die übrigen auf weniger mechanisierten Straßen hergestellt werden.²⁾ Schließlich können in den Straßen Produktionsmittel eingesetzt werden, die sich in ihrer technischen Ausstattung voneinander unterscheiden.³⁾ Ein Beispiel hierfür finden wir bei der Margarineherstellung. Bestimmte Sorten werden nach dem sog. Kombinatorverfahren hergestellt, wobei es sich um eine kontinuierlich arbeitende Anlage handelt, während die übrigen nach dem sog. Kühltrommelverfahren produziert werden, bei dem die einzelnen Apparate chargenweise arbeiten.

Schließlich können die Produktionsmittel in den Strängen bzw. die Apparaturen nach technologisch voneinander abweichenden Verfahren arbeiten.⁴⁾ Ein Beispiel hierfür fanden wir in einer Schwefelsäurefabrik, in der die Schwefelsäure aus natürlichem Schwefel und aus Schwefelkies, einem sulfidischen Erz, gewonnen wird. Im ersten Fall wird der Schwefel verbrannt, im zweiten muß der Kies geröstet werden. Diese unterschiedlichen Verfahren erfordern auch unterschiedlich eingerichtete Apparaturen. Ähnliches gilt bei der Herstellung von Zellulose.

1) Vgl. Ohse, H.: a.a.O., S. 622

2) Vgl. Waffenschmidt, W.: Automation, a.a.O., S. 28; vgl. a. Busch, K.W.: a.a.O., S. 124. Man bezeichnet Fließstraßen in Walzwerken, die für geringere Mengen eingerichtet wurden, als "Klingelstraßen". Vgl. Schmalenbach, E.: Kostenrechnung und Preispolitik, 8. Aufl., Köln und Opladen 1963, S. 119

3) Vgl. Ohse, H.: a.a.O., S. 625. Der Fall, daß zwei oder mehr Stränge mit vollkommen gleichen Produktionsmitteln für gleiche Produkte parallel laufen, dürfte kaum vorkommen.

4) Vgl. Ohse, H.: a.a.O., S. 627

c) Mehrstrangfertigung mit Verknüpfung

Neben Mehrstrangfertigung ohne Verknüpfung gibt es auch Fälle, bei denen verschiedene Stränge nebeneinander herlaufen, die teilweise bestimmte Fertigungsstellen gemeinsam benutzen, wo im übrigen aber jedes Erzeugnis einen überwiegend eigenen Fertigungsstrang hat, der von keinem anderen beansprucht wird.¹⁾ Dies wollen wir als Mehrstrangfertigung mit Verknüpfung (E.Schäfer) bezeichnen.

Es sind jedoch verschiedene Fälle zu unterscheiden. Bei der Fertigungsstelle, die von mehreren Produkten gemeinsam benutzt wird, kann es sich um ein einziges Produktionsmittel, um mehrere oder um eine ganze Fertigungsphase handeln. Wird ein größerer Abschnitt der Fertigung gemeinsam benutzt, dann kann es sich dort um eine Fließfertigung, aber auch um eine andere Fertigungsanordnung handeln, beispielsweise um eine Werkstattfertigung. Bei der Mehrstrangfertigung mit Verknüpfung muß also nicht in jedem Fall für das einzelne Produkt eine totale vertikale Fließfertigung bestehen.

Wird eine Maschine zur Bearbeitung verschiedener Produkte benötigt, dann erscheint sie als Kreuzungspunkt mehrerer Fließreihen, bei der sich auch eine Stauung der Werkstücke durch Bildung eines Zwischenlagers ergibt.²⁾ Es handelt sich dabei um eine "common machine", was wir bereits an anderer Stelle erläutert haben.³⁾ Ein Beispiel hierfür finden wir bei der Bearbeitung von Ringen für Kugellager, Sie werden in mehreren Abmessungen auf verschiedenen Transferstraßen mit loser Verkettung bearbeitet. Der letzte Vorgang bei der Weichbearbeitung ist das Schleifen, das aber nur einen Bruchteil der Taktzeit der Fließstraße benötigt. "Beträgt die Arbeitsoperation ... nur einen Bruchteil des Gesamtrhythmus, kann die nicht ausge-

1) Mellerowicz, K.: Kosten ..., a.a.O., S. 247 f.

2) Vgl. Ulrich, H.: Betriebswirtschaftliche Organisationslehre, Bern 1949, S. 210; siehe auch Muther, R.: Fließende Fertigung, a.a.O., S. 179; Mayer, R.R.: Production Management, New York - San Francisco - Toronto - London 1962, S. 411

3) Vgl. unsere Ausführungen auf Seite 124

lastete Maschine so zwischen ... parallellaufende Fließstraßen ähnlicher Art gestellt werden, daß sie wechselweise Teile der Fließreihe A und der Fließreihe B bearbeitet."¹⁾ So wird auch in unserem Beispiel die Transferstraße vor dem Schleifautomaten abgebrochen, sie mündet aus in ein Zwischenlager.²⁾ In unserem Beispiel bearbeitet die Schleifmaschine die Ringe von vier Transferstraßen.

Es kann auch vorkommen, daß nicht nur eine einzige, sondern mehrere Maschinen gemeinsam von Produkten benutzt werden, die im übrigen auf jeweils eigenen Fließstraßen gefertigt werden.³⁾

Diese Verhältnisse führen zu einer Erscheinung, die Schäfer als "Produktionsspinne" bezeichnet,⁴⁾ was aus der folgenden Abbildung deutlich werden soll:

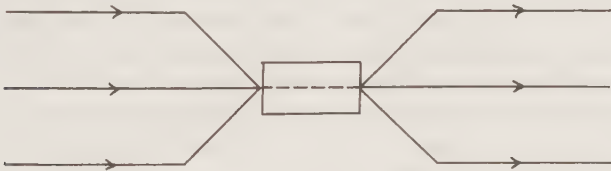


Abbildung 20

Wird eine ganze Fertigungsphase gemeinsam benutzt, dann kann der "gemeinsame Abschnitt" zu Beginn oder am Schluß der Fertigung liegen.⁵⁾ Denkbar wäre auch die Lage des gemeinsamen Teilstrangs in der Mitte der Fertigung.

- 1) Nowak, G.: a.a.O., S. 88; vgl. hierzu auch: von Holzer, R.: Systematische Fabrikrationalisierung, a.a.O., S. 96
- 2) Vgl. Lauke, H.L.: Die Leistungsabstimmung ..., a.a.O., S. 66; siehe auch Muther, R.: Production-Line-Technique, a.a.O., S. 272. Lauke spricht hier auch von "Inseln in der Fließreihe". Vgl. Lauke, H.L.: Die Leistungsabstimmung ..., a.a.O., S. 67
- 3) Vgl. dazu auch das Beispiel bei Muther, R.: Fließende Fertigung, a.a.O., S. 182
- 4) Vgl. auch: Mayer, R.R.: Production Management, a.a.O., S. 411. Fassbender spricht hier von "gekreuzten Fertigungsreihen". Vgl. Fassbender, W.: a.a.O., S. 92
- 5) Vgl. Mellerowicz, K.: Kosten ..., a.a.O., S. 153; siehe auch Männel, W.: a.a.O., S. 32

Es "wird sich oftmals zu Beginn der Fertigung eine einheitliche Straße bilden lassen, die sich mit fortschreitender Vollendung des Produkts in mehrere kleine Straßen aufteilt."¹⁾ In diesem Fall wird "zunächst ein Zwischenprodukt hergestellt ..., das dann zu verschiedenen Endprodukten weiterverarbeitet wird."²⁾ Ein Beispiel für diesen Fall der Mehrstrangfertigung mit Vorschaltung eines gemeinsamen Teilstrangs finden wir in Schokoladenfabriken. Die Schokoladenmasse wird für alle Endprodukte gemeinsam auf einer Fließstraße hergestellt, die dann in jeweils getrennten Straßen zu Pralinen, Tafelschokolade und anderen Artikeln weiterverarbeitet wird. Ähnliches gilt auch für die Herstellung von Papier, Linoleum, Stahlblech und Wandfliesen.³⁾

Die Vorschaltung einer für alle Produkte gemeinsamen Fertigungsphase ist aber auch bei Serienfertigung möglich. So werden z.B. in einem Haushaltsgerätewerk drei verschiedene Grundtypen von Waschmaschinen hergestellt, deren Teile gemeinsam auf mobilen Fließwegen geformt werden und anschließend in jeweils eigenen Fließstraßen montiert und fertiggemacht werden.

Es können auch mehrere Fertigungsstränge gemeinsam mit einer Werkstattfertigung verknüpft sein, die in der ersten oder der dritten, vielfach auch in der zweiten Phase liegt. So werden z.B. Tuben auf mehrere Fließstraßen hergestellt und anschließend fertiggemacht. Die erste Phase der Fertigung (Herstellung der Rondeln) wird dagegen für alle Abmessungen gemeinsam in Werkstätten vorgenommen. Möglich ist auch eine mehrfache Verknüpfung. So stellt bei der Porzellanherstellung die Phase der Aufbereitung der Rohstoffe den gemeinsamen Fertigungsabschnitt dar für Flach- und Hohlgeschirr. Die Werkstücke werden anschließend jeweils auf eigenen Fertigungswegen mit flexibler Ver-

1) Ohse, H.: a.a.O., S. 634

2) Hax, K.: Die Gestaltung des Fertigungsprogramms unter Berücksichtigung produktionswirtschaftlicher und absatzwirtschaftlicher Faktoren. In: BFuP, 10. Jg. (1958), S. 498 - 517, S. 503

3) Ohse bezeichnet die Stelle, an der das Vorprodukt auf mehrere Straßen aufgeteilt wird, als "Sortenweiche". Vgl. Ohse, H.: a.a.O., S. 592, da es vorwiegend bei Sortenfertigung anzutreffen ist.

knüpfung geformt und durchlaufen dann gemeinsam den Tunnelofen und werden anschließend getrennt weiterverarbeitet.

Bei einer Mehrstrangfertigung mit Nachschaltung einer für alle Produkte gemeinsamen Fertigungsphase handelt es sich meistens um eine gemeinsame Verpackungs- oder Abfüllanlage, wie z.B. bei Brauereien und Weinbrennereien.

Fragen wir nach dem Strangbild, das sich uns in diesen Fällen zeigt. Wenn eine gemeinsame Fertigungsphase sich am Anfang der Fertigung befindet, erhalten wir ein divergierendes Strangbild. Bei einem Fertigungsabschnitt, der am Schluß des Produktionsprozesses von allen Produkten gemeinsam durchlaufen wird, gelangen wir zu einem Konvergierenden Strangbild. In beiden Fällen besteht meist keine analytische bzw. synthetische Stoffverwertung, sondern vielfach eine durchlaufende Stoffverwertung.

Es liegen jedoch unterschiedliche Verhältnisse zugrunde. Bei einem divergierenden Strangbild und vertikaler Reichweite der Fließfertigung wird der Abschnitt, nach dem sich der Strang verzweigt, von allen Produkten gleichzeitig beansprucht, während er bei horizontaler Reichweite in einem Zeitabschnitt nur von einem Produkt benutzt werden kann, also von allen jeweils zeitlich nacheinander.¹⁾ Für das einzelne Produkt besteht im ersten Fall eine analytische Stoffverwertung, im zweiten dagegen durchlaufende Stoffverwertung. Die Ursachen, die zu einem divergierenden Strangbild führen, sind demnach unterschiedlich. Einmal ist es die Art der Stoffverwertung, zum anderen die unterschiedlich lange Dauer eines Fertigungsvorganges bzw. -abschnittes im Vergleich zu den übrigen. Das divergierende Strangbild ist also im einen Fall produktbedingt, im anderen dagegen besteht es aus zeitlichen Gründen. Entsprechendes gilt für das konvergierende Strangbild.

1) Wir könnten in entsprechender Weise auch beim konvergierenden Strangbild auf Grund einer synthetischen Stoffverwertung von einer Mehrstrangfertigung mit Verknüpfung am Ende der Fertigung sprechen bzw. bei analytischer Stoffverwertung mit Verknüpfung am Anfang.

Bei einem konvergierenden oder divergierenden Strangbild, das produktbedingt ist, handelt es sich um das Zusammenwirken und Miteinander mehrerer Teilstränge für ein End- bzw. Rohprodukt. Beim konvergierenden oder divergierenden Strangbild aus zeitlichen Gründen betrachten wir das Nebeneinander von Strängen für mehrere Endprodukte. Es gibt also je ein konvergierendes oder divergierendes Strangbild bei Betrachtung der vertikalen und der horizontalen Reichweite der Fließfertigung.

Bei Mehrstrangfertigung werden oft mehrere Fließstraßen räumlich vereint, in der Weise, daß Produktionsmittel gleichen Verfahrens nebeneinander stehen. Dies wurde am Beispiel der Fertigungsanordnung einer Reismühle in einem vorhergehenden Abschnitt bereits deutlich. Weitere Beispiele dieser Art finden wir bei der Herstellung von Kunststoffolien und bei der Zellstofffabrikation. Hier entspricht das äußere Bild der Fertigungsanordnung auf den ersten Blick der Werstattfertigung.¹⁾ Denn vielfach werden - besonders bei natürlich bedingter Fließfertigung - ähnliche oder sogar gleiche Produktionsmittel verwendet, die meist räumlich nebeneinander stehen, so daß es zu einer Anlagenhäufung kommt. Dies ist z.B. der Fall bei der Herstellung von Kunststoffolien. Entscheidend für die richtige Zuordnung ist dann die Art der Verknüpfung mit den folgenden Fertigungsstellen. In diesen Fällen besteht eine direkte und zwangsläufige Verbindung mit der folgenden Station, so daß wir ein Nebeneinander von mehreren Fließstraßen vorfinden. Wir können diesen Fall auch als "Batterie von Fließstraßen" bezeichnen.

IV. Die Reichweite der Fließfertigung in einem Betrieb- das Ergebnis aus vertikaler und horizontaler Reich- weite

Wenn wir eine genauere Aussage über die Reichweite der Fließfertigung in einem Betrieb machen wollen, dann müs-

1) Vgl. a. Ohse, H.: a.a.O., S. 635. Dieser Eindruck kann noch verstärkt werden, wenn es sich bei der einzelnen Fließstrecke um einen aufgespaltenen Fertigungsstrang handelt.

sen wir beide Aspekte der Verwirklichung der Fließfertigung heranziehen. In vertikaler Hinsicht - also für den Fertigungsablauf für ein Produkt kann sie in einer Phase, in zwei oder in allen drei Phasen bestehen. In horizontaler Hinsicht kann eine Fließfertigung für ein Produkt, für mehrere oder für alle verwirklicht sein. Somit erhalten wir insgesamt neun verschiedene Grade der Reichweite, die aus der folgenden Übersicht deutlich werden.

horizontale Reichweite vertikale Reichweite	für ein Produkt	für mehrere Produkte	für alle Produkte (total)
einphasig	1	4	7
zweiphasig	2	5	8
dreiphasig (total)	3	6	9

Übersicht 7

6. Kapitel: Schlußbetrachtung

A) Zusammenfassung

Wir wollen rückblickend die verschiedenen Abschnitte unserer Arbeit betrachten und die wesentlichen Punkte noch einmal herausstellen. Im ersten Kapitel befaßten wir uns besonders mit der Geschichte der Fließfertigung. Ihr erstes Auftreten ist in den Betrieben festzustellen, in denen auf Grund der Eigenarten der Produkte und des Fertigungsablaufs eine natürliche Tendenz zur Fließfertigung besteht, in diesem Fall sprechen wir von einer natürlich bedingten Fließfertigung. Sie trat zuerst auf in Getreidemühlen, Papierfabriken und chemischen Fabriken. Während dort Fließfertigung bereits um 1795 festzustellen war, erfolgte ihre Einführung in den Industriezweigen, in denen keine natürlichen Tendenzen zu dieser Fertigungsanordnung bestanden, etwa ein Jahrhundert später, und zwar zuerst in den Schlachthöfen von Chicago. Allgemein bekannt wurde die Fließfertigung erst vom Jahre 1913 ab, als Henry Ford dieses Fertigungssystem in seiner Automobilfabrik anwendete. Im zweiten Kapitel behandelten wir Merkmale zur Charakterisierung von Industriebetrieben, wobei uns besonders die Fertigungssysteme interessierten. Wir haben dabei zwei größere Gruppen unterschieden, die wir als Fertigungssysteme ohne Fortschreiten und mit Fortschreiten des Produkts bezeichneten. Zur ersten Gruppe zählen die Werkbank- und Baustellenfertigung sowie die anlagenzentrierte Fertigung, zur zweiten die Werkstatt und die Fließfertigung. Besondere Aufmerksamkeit schenkten wir der Fließfertigung, bei der die Produktionsmittel in der Reihenfolge der Fertigungsvorgänge des herzustellenden Produkts angeordnet sind. Sie ist damit primär ein Merkmal des Fertigungsaufbaus und sagt über die Art und Weise des zeitlichen Ablaufs noch nichts aus.

Die Fließfertigung tritt in zahlreichen Erscheinungsformen auf. Um diese näher kennzeichnen zu können, bildeten wir zwei Gruppen von Merkmalen, die wir im einzelnen erläuterten. Die erste betrifft Merkmale der Träger der

Fertigung. Wird der eigentliche Fertigungsvorgang vom Produktionsmittel ausgeführt, können wir verschiedene Mechanisierungs- und Spezialisierungsgrade der Maschinen oder Apparate unterscheiden. Ist der Mensch der Träger der Fertigung, ergeben sich unterschiedliche Grade der Universalität der menschlichen Arbeitskraft. Die zweite Gruppe von Merkmalen umfaßt Merkmale des Ablaufs der Fertigung. Hier haben wir zwischen der räumlichen und der zeitlichen Bindung des Ablaufs sowie der Unterbrechbarkeit des Ablaufs unterschieden. Abschließend stellten wir die reine Fließfertigung und die reine Werkstattfertigung gegenüber und versuchten, mit Hilfe der gefundenen Merkmale die Unterschiede zwischen diesen beiden Fertigungssystemen deutlich zu machen.

Wir wandten uns dann im vierten Kapitel den Erscheinungsformen der Fließfertigung zu und erörterten zunächst die Grundunterscheidung in natürlich bedingte und künstlich herbeigeführte Fließfertigung. Mit Hilfe bestimmter Kriterien des Fertigungsablaufs und des Produkts war es möglich, Begriff und Wesen dieser beiden Grundformen der Fließfertigung deutlich zu machen.

Wir stellten dann bei der künstlich herbeigeführten Fließfertigung fünf Erscheinungsformen fest, wobei wir als Kriterium die Intensität der räumlichen Bindung des Ablaufs verwendeten. Während die ersten drei Erscheinungsformen eine Kombination von Elementen der Werkstatt- und der Fließfertigung darstellen, - sie sind somit als Misch- und Übergangsformen anzusprechen - handelt es sich bei den beiden letzten Erscheinungsformen um reine Formen der Fließfertigung. Bei der Anordnung von Werkstätten nach dem Fertigungsfluß, die charakterisiert ist durch eine ungebundene Fertigungsfolge, mit Bindung der Verfahrensfolge, ohne Verknüpfung der einzelnen Stationen überwiegen die Elemente der Werkstattfertigung noch sehr stark. Beim Fertigungsweg mit flexibler Verknüpfung, bei dem ebenfalls eine ungebundene Fertigungsfolge besteht, dessen Fertigungsstationen jedoch flexibel verknüpft sind, finden wir Elemente der Fließfertigung bereits in stärkerem Maße

verwirklicht, wenn auch insgesamt noch der Charakter der Werkstattfertigung vorherrscht. Die mobile Fließfertigung weist eine gebundene, nicht geschlossene Fertigungsfolge mit flexibler Verknüpfung auf, hier überwiegen die Elemente der Fließfertigung bereits sehr stark. Bei allen drei Mischformen ergeben sich weitere Unterformen, je nach der Anlagenhäufigkeit. Der offene Fließweg ist eine in räumlicher und zeitlicher Hinsicht lockere Form der Fließfertigung, während die geschlossene Fließstraße mit zeitlich strenger Bindung die "ideale" Form der Fließfertigung darstellt.

Die Zahl der Erscheinungsformen der natürlich bedingten Fließfertigung ist erheblich geringer, bedingt durch den von vornherein geschlosseneren Ablauf in räumlicher und zeitlicher Hinsicht. Wir haben hier nur reine Formen der Fließfertigung und keine Mischformen feststellen können. Der offene Fließweg ist nur räumlich locker gebunden, nicht auch zeitlich, wie der offene Fließweg bei künstlich herbeigeführter Fließfertigung. Die geschlossene Fließreihe stellt in diesem Bereich den häufigsten Fall dar. Innerhalb beider Erscheinungsformen waren Unterformen festzustellen, je nach Art der Unterbrechbarkeit des Ablaufs.

Wir versuchten dann abschließend, das allen Erscheinungsformen gemeinsame Anordnungsprinzip herauszufinden und kamen zu dem Ergebnis, daß die Produktionsmittel und Arbeitsplätze entlang der Transportbahn des Materials angeordnet sind. Unter dem Gesichtspunkt der Veränderungsmöglichkeiten des Fertigungsinhalts der einzelnen Erscheinungsformen unterschieden wir dann drei Grundformen der Fließfertigung, die wir als zwangsläufig, schwach manipulierbare und erheblich manipulierbare Fließfertigung bezeichnet haben.

Abschließend behandelten wir im 5. Kapitel die Reichweite der Fließfertigung, die das Ergebnis aus der vertikalen und der horizontalen Reichweite ist. Bei der vertikalen Reichweite betrachteten wir den Fertigungsablauf für ein Produkt als ein einheitliches Ganzes und konnten, je nach-

dem, ob die Fließfertigung in einem Abschnitt, in zwei oder in allen drei Abschnitten besteht, ein-, zweiphasige und totale Reichweite der Fließfertigung unterscheiden. Bei der horizontalen Reichweite fragten wir, ob ein Produkt, mehrere oder alle Produkte in Fließfertigung hergestellt werden unterhielten partielle und totale Reichweite. Die Reichweite in einem Betrieb setzt sich insgesamt aus beiden Komponenten, also der vertikalen und der horizontalen Reichweite, zusammen.

Literaturverzeichnis

=====

I. Buchveröffentlichungen und Dissertationen

- Abromeit, G. Erzeugnisplanung und Produktionsprogramm
im Lichte der Produktions-, Absatz- und
Wettbewerbspolitik, Wiesbaden 1955
- Ahlburg, M. Betriebswissenschaft in Einzel- und Mas-
senfertigung, Diss., Aachen 1929
- Alford, L.P., Production Handbook, New York 1953
Bangs, J.R.
- Amrine, H.T., Manufacturing Organization and Manage-
ment, 2nd ed., Englewood Cliffs 1966
Ritchey, J.A.,
Hulley, O.S.
- Apple, L.M. Plant Layout and Materials Handling,
2nd ed., New York 1963
- Arnold, H., Der Produktionsprozeß im Industriebe-
trieb, Berlin 1966
Borchert, H.
Lange, A.,
Schmidt, J.
- Auerhan, J. Automatisierung und ihre ökonomische Be-
deutung, Berlin 1961
- Augustin, W. Rationalisierungsreserven in der deut-
schen Bekleidungsindustrie, Berlin -
Köln - Frankfurt a.M. 1964
- Balderston, C.B., Management of an Enterprise, 2nd ed.,
Brecht, R.P., New York 1949
Karabasc, V.W.,
Riddle, R.J.
- Bauert-Keetmann, I. Deutsche Industriebioniere, Tübingen
1966
- Berkenkopf, P. Deutsche Industriewirtschaft, Leipzig
1933
- Besching, O. Handbuch für die Schuhindustrie, 6.
Aufl., Bad Ems 1956
- Bethel, L.L., Industrial Organization and Management,
Atwater, F.S., 2nd ed., New York - Toronto - London
Smith, G.H., 1950
Stackmann, H.A.
- Bezdecka, H. Die Materialbewegung im Industriebetrieb
unter dem Gesichtspunkt ihrer kostenöp-
timalen Gestaltung. Diss., Frankfurt
a.M. 1960

- Bittorf, W. Automation. Die zweite industrielle Revolution, Darmstadt 1956
- Blankenstein, C. Stückzeitermittlung in der Holzindustrie, München 1959
- Böhrs, H. Leistungslohn, Wiesbaden 1959
- ders. Organisation des Industriebetriebs, Wiesbaden 1963
- Böhrs, H.
Bramesfeld, E.
Euler, H. Einführung in das Arbeits- und Zeitstudium, München 1948
- Bongard, W. Fetische des Konsums, Hamburg 1964
- Borowski, K.H. Das Baukastensystem in der Technik, Berlin - Göttingen - Heidelberg 1961
- Bruhn, E. Die Bedeutung der Potentialfaktoren für die Unternehmenspolitik, Berlin 1965
- Buffa, E.S. Modern Production Management, 2nd ed., New York - London - Sydney - Tokio 1965
- Busch, K.W. Strukturwandlungen der westdeutschen Automobilindustrie, Berlin 1966
- Buser, P. Wirtschaftliche Anordnung der Betriebs-einrichtungen, Zürich o.J.
- Calmes, A. Der Fabrikbetrieb, 6. Aufl., Leipzig 1920
- Carnap, G. Die Fließfertigung als arbeitsorganisatorisches Verfahren in mechanisch-technologischen Industrien, Diss., Darmstadt 1955
- Cornell, W.B. Organization and Management in Industry and Business, 2nd ed., New York 1936
- Cunow, H. Allgemeine Wirtschaftsgeschichte, 3.Bd., Berlin 1929
- Danner, D. Die Ablaufplanung mehrstufiger diskontinuierlicher Prozesse, Diss. Mannheim 1963
- Diebold, J. Die automatische Fabrik, 2. Aufl., Frankfurt a.M. 1955
- Doberer, K. Sinn und Zukunft der Automation, Frankfurt a.M. 1958
- Einzig, P. The Economic Consequence of Automation, London 1956

- Ellersiek, K. Materialflußkosten im Betrieb, Wiesbaden 1958
- Ellinger, Th. Ablaufplanung, Stuttgart 1959
- Ensslin, G. Typologie der Industriebetriebe, Diss., Mainz 1964
- Ermanski, J. Theorie und Praxis der Rationalisierung, Wien - Berlin 1928
- Fackelmeyer, A. Automatisierung im Materialfluß, Düsseldorf 1966
- Fackelmeyer, A. Materialfluß - Planung und Gestaltung, Düsseldorf 1966
- Faensen, H.,
Hofmann, G. Arbeitsstudien bei Fließarbeit, München 1962
- Fassbender, W. Betriebsindividuelle Kostenerfassung und Kostenauswertung, Frankfurt a.M. 1964
- Fehrmann, K.,
Sonntag, M. Mechanische Technologie der Brauerei, Berlin und Hamburg 1962
- Feuerbaum, E. Die Zubringer- und die Montage-Industrie, Berlin 1956
- Fischer, G. Allgemeine Betriebswirtschaftslehre, 6. Aufl., Heidelberg 1952
- Folts, F.E. Introduction to Industrial Management, 5th ed., New York - San Francisco - Toronto - London 1963
- Ford, H. Mein Leben und Werk, 23. Aufl., Leipzig 1923
- Ford und Wir Fünf Beiträge zur deutschen Umstellung, hrsg. vom sozialen Museum in Frankfurt a.M., Berlin - Wien 1926
- Frank, H.J. Fließfertigung in der Textilveredelungsindustrie, Leipzig 1964
- Frenz, G.,
Gobbers, E. Erfolgreiche Betriebswirtschaft, Berlin 1934
- Friedmann, G. Der Mensch in der mechanisierten Produktion, Köln 1952
- Funke, H.,
Blohm, H. Allgemeine Grundzüge des Industriebetriebs, Essen 1952
- Funke, H. Die Betriebswirtschaft im Maschinenbau und in verwandten Industrien, 3. Aufl., Freiburg i.Br. 1955

- Gälweiler, A. Produktionskosten und Produktionsgeschwindigkeit, Wiesbaden 1960
- Geiger, E. Die Produkt- und Mengenplanung im Serienfertigungsbetrieb, Zürich 1961
- George, C.S. Management in Industry, 2nd ed., Englewood Cliffs, 1964
- Glauner, W. Die historische Entwicklung der Müllerei, 2. Aufl., Braunschweig 1951
- Göldner, J. Aufbauorganisation der industriellen Lagerwirtschaft, Berlin 1960
- Görsch, J., Riege, W. Materialfluß in der Einzelfertigung des Maschinenbaus, Wiesbaden 1958
- Gottlieb, F. Materialfluß in Mittel- und Großbetrieben der Holzwirtschaft, Stuttgart 1961
- von Gottl-Ottli-
lienfeld, F. Wirtschaft und Technik, 2. Aufl., Tübingen 1923
- ders. Fordismus? Von Frederick W. Taylor zu Henry Ford, Jena 1925
- ders. Vom Sinn der Rationalisierung, Jena 1929
- Graf, O. Arbeitsphysiologie, Wiesbaden 1960
- Grochla, E. Automation und Organisation, Wiesbaden 1966
- Gutenberg, E. Grundlagen der Betriebswirtschaftslehre, Erster Band: Die Produktion, 13. Aufl., Berlin - Heidelberg - New York 1967
- Gwalter, E. Wissenschaftliche Betriebsführung im Dienste der wirtschaftlichen Leistungserstellung, Bern 1950
- Hack, E. Die Normung und Typisierung industrieller Erzeugnisse, Diss., Nürnberg 1962
- Hammer, M. Vergleichende Morphologie der Arbeit in der europäischen Automobilindustrie, Basel - Tübingen 1959
- Hanfland, C. Die amerikanische Fleischindustrie, Leipzig 1929
- ders.. Rationalisierung durch Planarbeit, Stuttgart 1949
- Hartmann, G. Die Automation und unsere Zukunft, Stuttgart 1957
- Haushofer, M. Der Industriebetrieb, 2. Aufl., München 1904

- Hax, K. Die Substanzerhaltung der Betriebe, Köln und Opladen 1957
- Hax, K. Grundlagen der Betriebsunterbrechungs-Versicherung, 2. Aufl., Köln und Opladen 1965
- Heiligbrunner, O. Technik der Automatisierung, München 1958
- Heiner, H. Die Rationalisierung des Förderwesens im Industriebetrieb, Berlin 1961
- Henglein, F.A. Grundriß der chemischen Technik, 8. Aufl., Weinheim 1954
- Hennies, K.,
Spanner, R. Die Brauerei im Bild, 5. Aufl., Nürnberg 1964
- Hennig, K.W. Betriebswirtschaftslehre der Industrie, Berlin 1928
- ders. Betriebswirtschaftliche Organisationslehre, 3. Aufl., Berlin - Göttingen - Heidelberg 1957
- ders. Betriebswirtschaftslehre der industriellen Erzeugung, Wiesbaden 1960
- Henzel, F. Lagerwirtschaft, Essen 1950
- ders. Betriebsplanung, Wiesbaden o.J.
- ders. Die Kostenrechnung, 4. Aufl., Essen 1964
- Hilf, H. Arbeitswissenschaft, München 1957
- Hinsel, D. Fertigungssysteme in der Industrie, Diss., Nürnberg 1955
- Hirsch, J. Das amerikanische Wirtschafts-Wunder, Berlin 1926
- Hiscox, W.J. Factory Layout - Planning and Progress, 4th ed., London 1948
- Holz, W. Die westdeutsche Schuhwirtschaft, 2. Aufl., Tübingen 1965
- Holzer, R. Systematische Fabrikralionalisierung, München und Berlin 1928
- Hoppmann, H. Die rationelle Gestaltung der chemisch-technischen Produktion, Berlin 1934
- Hornauer, W. Industrielle Automatisierungstechnik, 4. Aufl., Berlin 1961

- Hoss, K. Fertigungsablaufplanung mittels operationsanalytischer Methoden, Würzburg - Wien 1965
- Huber, H. Industriebetriebslehre, 9. Aufl., Bad Homburg - Berlin - Zürich 1964
- Huber, S. Der Industriebetrieb, 3. Aufl., Zürich 1948
- Huth, H, Wirtschaftlicher Fabrikbetrieb, Berlin 1938
- Illetschko, L. Innerbetrieblicher Transport und betriebliche Nachrichtenübermittlung, Stuttgart 1962
- Immer, J. Layout Planning Techniques, New York - Toronto - London 1950
- Ireson, W.G. Factory Planning and Plant Layout, New-York 1952
- Isaac, A. Der Industriebetrieb, Leipzig 1930
- Jähne, F. Der Ingenieur im Chemiebetrieb, Wien 1950
- Jung, O. Produktionstechnische Verfahren in der Bekleidungsindustrie, 3. Aufl., Berlin - Wien - Leipzig 1941
- von Justi, H.G. Vollständige Abhandlung von den Manufacturen und Fabriken, Kopenhagen 1758
- Kalveram, W. Industriebetriebslehre, 7. Aufl., Wiesbaden 1960
- Kaps, K.H. Die Bedeutung der Lagerhaltung für die Produktionsplanung in Industriebetrieben, Köln und Opladen 1965
- Keim, K. Das Papier, 2. Aufl., Stuttgart 1956
- Keith, L.A.,
Gubellini, C.E. Business Management, New York - Toronto - London 1958
- Kern, W. Die Messung industrieller Fertigungskapazitäten und ihrer Ausnutzung, Köln und Opladen 1962
- Kienzle, O. Gedanken zur Automatisierung in der Industrie, Göttingen 1958
- Klemm, F. Technik, eine Geschichte ihrer Probleme, Freiburg - München 1954
- Köhler, D. Organisation der innerbetrieblichen Materialbewegung, Berlin 1959

- Kölbel, H. Projektierung und Vorkalkulation in der
Schulze, J. chemischen Industrie, Berlin - Göttingen - Heidelberg 1960
- dieselben Fertigungsvorbereitung in der chemischen
Industrie, Wiesbaden 1967
- Köttgen, G. Das wirtschaftliche Amerika, Berlin 1925
- von Kortzfleisch, G. Betriebswirtschaftliche Arbeitsvorbereitung, Berlin 1962
- Kosiol, E. Die Unternehmung als wirtschaftliches
Aktionszentrum, Reinbeck 1966
- Krippendorf, H. Integrierter Materialfluß, München 1965
- Kuhnert, H. Der Prozeß der Automatisierung und Mechanisierung und seine Einwirkung auf
den schaffenden Menschen, Leipzig 1935
- Lang, R., Gruppenfabrikation, Berlin 1922
Hellpach, W.
- Lansburgh, R.H., Industrial Management, 3rd ed., New York
Spriegel, W.R. 1940
- Lauke, H.L. Die Leistungsabstimmung als wichtigste
Aufgabe bei der Einführung von Fließarbeit, München 1928
- Lehr, H. Die Bedeutung der Apparaturen für die
industrielle Güterproduktion, Diss.,
Heidelberg 1951
- Leitner, F. Wirtschaftslehre der Unternehmung, 5.
Aufl., Berlin und Leipzig 1926
- ders. Wirtschaftslehre des Industriebetriebs,
Frankfurt a.M. 1944
- Linhardt, H. Grundlagen der Betriebsorganisation,
Essen 1954
- Löw, K. Ökonomische Probleme der teilweisen und
vollständigen Betriebsstillegung, Diss.,
Nürnberg 1961
- Lohmann, M. Einführung in die Betriebswirtschaftslehre, 4. Aufl., Tübingen 1964
- Ludwig, H. Die Größendegression der technischen
Produktionsmittel, Köln und Opladen
1962
- Lütge, F. Deutsche Sozial- und Wirtschaftsgeschichte, 3. Aufl., Berlin - Heidelberg - New
York 1966

- Lüthi, H. Der Einfluß der Automation auf die Absatzgestaltung der industriellen Unternehmung, Zürich 1958
- Mac Niece, E.H. Production Forecasting, Planning and Control, 2nd ed., New York - London 1957
- Mallick, R.W.,
Gaudreau, A.F. Plan Layout - Planning and Practice, New York - London 1960
- Malzacher, H. Planung, Führung und Erhaltung industrieller Unternehmungen, Wien - New York 1965
- Mankertz, F. Massenfertigung in der Bekleidungsindustrie, Diss., Frankfurt a.M. 1945
- Marpberger, F.J. Das Neu-Eröffnete Manufacturen Hauss, Hamburg 1704
- Marx, K. Das Kapital, Erster Band, Buch I: Der Produktionsprozeß des Kapitals, 6. Aufl., Berlin 1955
- Matthies, W. Die Berechnung des ökonomischen Nutzeffektes automatischer Maschinenfließreihen, Diss., Dresden 1963
- Mauersberg, E. Deutsche Industrien im Zeitgeschehen eines Jahrhunderts, Stuttgart 1966
- Mayer, R.R. Production Management, New York - San Francisco - Toronto - London 1962
- Mellerowicz, K. Betriebswirtschaftslehre der Industrie, 2. Bd., 4. Aufl., Freiburg i.Br. 1958
- ders. Unternehmenspolitik, Bd. II, 2. Aufl., Freiburg i.Br. 1963
- ders. Kosten und Kostenrechnung, Bd. I, Theorie der Kosten, 4. Aufl., Berlin 1963
- Merbach, H. Leitfaden der Analyse des innerbetrieblichen Transports, Berlin 1961
- Meyer, G. Die Auftragsgröße in Produktions- und Absatzwirtschaft, Leipzig 1941
- Meyer, W. Das optimale Produktionsprogramm, Diss., Köln 1959
- Michel, E. Betriebsgestaltung und Fließarbeit, Stuttgart 1926
- ders. Sozialgeschichte der industriellen Arbeitswelt, 3. Aufl., Frankfurt a.M. 1953
- Mitrofanow, S. Wissenschaftliche Grundlagen der Gruppentechnologie, Berlin 1960

- Mittelstaedt, H.L. Fließende Fertigung, Berlin 1927
- Moede, W. Arbeitstechnik, Stuttgart 1935
- Moore, F.G. Manufacturing Management, 2nd ed., Homewood 1958
- Moore, F.G., Welti, O. Produktionssteuerung - Produktionskontrolle, München 1967
- Müssig, P. Die allgemeinen Grundlagen zur Lösung der Lager- und Beschäftigungsprobleme - Der zeitliche Verwendungsausgleich, Diss., Frankfurt a.M. 1954
- Muther, R. Production-Line-Technique, New York - London 1944
- ders. Practical Plant Layout, New York - Toronto - London 1955
- Neuloh, O., Braun, R., Werner, E. Die durchlaufende Arbeitsweise, Tübingen 1961
- Nordsieck, F. Rationalisierung der Betriebsorganisation, 2. Auflage, Stuttgart 1955
- Nowak, G. Fließarbeit und ihre Organisation, Diss., Berlin 1959
- Nowak, P. Betriebstyp und Kalkulationsverfahren, Diss., Darmstadt 1936
- Ohse, H. Wirtschaftliche Probleme industrieller Sortenfertigung, Köln und Opladen 1963
- Oliver, J.W. Geschichte der amerikanischen Technik, Düsseldorf 1959
- Opitz, H. Die Fertigungstechnik als Wirtschaftsfaktor, Essen 1958
- ders. Technische und wirtschaftliche Aspekte der Automation, Köln und Opladen 1961
- Ord, L.C. Secrets of Industry, London 1944
- Ost-Rassow Lehrbuch der chemischen Technologie, 2 Bände, 27. Aufl., Leipzig 1965
- Owens, R.N. Management of Industrial Enterprise, 4th ed., Homewood 1961
- Pedell, K.L. Elektronische Informationsverarbeitung und Fertigungssteuerung, München - Wien 1965
- Preiseler, G. Zeitgemäße Betriebswirtschaft, I. Teil: Grundlagen, Leipzig und Berlin 1921

- Penndorf, B. Entwicklungsgeschichte des Betriebslebens, Wiesbaden 1937
- Pentzlin, K. Rationelle Produktion, 1. Aufl., Gera 1945
2. Aufl., Kassel 1950
- ders. Arbeitsrationalisierung, München 1954
- Pfeiffer, W. Absatzpolitik bei Investitionsgütern der Einzelfertigung, Stuttgart 1965
- Pirner, H. Grundlagen und Möglichkeiten der betriebstechnischen Rationalisierung in den Betrieben der Milchbearbeitung und -verarbeitung, Diss., Nürnberg, 1956
- Pötschke, H. Verkettete Maschinen, Hamburg - Berlin - Bonn 1961
- Pollock, F. Automation, Materialien zur Beurteilung der ökonomischen und sozialen Folgen, 2. Aufl., Frankfurt a.M. 1964
- Prachtl, G. Von der Reihenfertigung zur Fließarbeit, Berlin 1926
- Pristl, F. Arbeitsvorbereitung, I. Teil, 4. Aufl., Berlin - Heidelberg - New York 1967
- Reed, R. Plant-Layout-Factors, Principles, and Techniques, Homewood 1961
- Reitmeier, F. Fertigungsorganisation und Arbeitsstudien in der Bekleidungsindustrie, Mönchengladbach 1966
- Riebel, P. Die Elastizität des Betriebes, Köln und Opladen 1954
- ders. Die Kuppelproduktion, Betriebs- und Marktprobleme, Köln und Opladen 1955
- ders. Industrielle Erzeugungsverfahren in betriebswirtschaftlicher Sicht, Wiesbaden 1963
- Riedelbauch, H. Die fertigungswirtschaftliche Problematik der Partie- und Chargenfertigung, Diss., Frankfurt a.M. 1956
- Rieppel, P. Fordbetriebe und Fordmethoden, München 1925
- Ries, J. Die Mehrstellenarbeit, Berlin 1959
- Roeder, G. Grundzüge der Milchwirtschaft und des Molkereiwesens, Hamburg - Berlin 1954
- Rössle, K. Einführung in die Industriebetriebswirtschaftslehre, Leipzig 1931

- Sauer, K. Zur Wirtschaftlichkeitsrechnung in der Chemischen Industrie, Nürnberg 1937
- Schachtschabel, H.G. Automation in Wirtschaft und Gesellschaft, Reinbek 1961
- Schäfer, E. Beschäftigung und Beschäftigungsmessung in Unternehmung und Betrieb, Nürnberg 1931
- ders. Die Aufgabe der Absatzwirtschaft, 2. Aufl., Köln und Opladen 1950
- ders. Betriebswirtschaftliche Marktforschung, Essen 1955
- ders. Die Unternehmung, 6. Aufl., Köln und Opladen 1966
- Schaefer, H. Fließende Fertigung, Leipzig 1927
- Schiffer, C. Die ökonomische und sozialpolitische Bedeutung der industriellen Rationalisierungsbestrebungen, Karlsruhe 1928
- Schilling, A. Die Lehre vom Wirtschaften, Berlin 1925
- Schleip, W. Totale Rationalisierung, Berlin - Wien - Leipzig 1944
- Schmalenbach, E. Kostenrechnung und Preispolitik, 8. Aufl., Köln und Opladen 1963
- Schmidbauer-Juraschek, B. Typenbeschränkung - Möglichkeiten und Grenzen für den Industriebetrieb, Bern 1963
- Schmidt, E. Die Automation in organisationstheoretischer Betrachtung, Berlin 1966
- Schmidt, F. Die Bestimmung des Produktionsmittel - Standortes in Industriebetrieben, Berlin 1965
- Schnettler, A. Betriebsanalyse, 2. Aufl., Stuttgart 1960
- ders. Betriebsvergleich, 3. Aufl., Stuttgart 1961
- Schütz, W. Organische Betriebsgestaltung, 2. Aufl., Essen 1953
- Schwab, R. Handbuch der industriellen Bekleidungsfertigung, Stuttgart 1949
- Schwarz, H. Grundfragen der Abstimmung von Materialbeschaffung, Fertigung und Vertrieb, Freiburg, i.Br. 1959
- Schweitzer, M. Probleme der Ablauforganisation in Unternehmungen, Berlin 1964

- Seidel, N. Praktische Fertigungsvorbereitung, München 1964
- Shubin, J.,
Madeheim, H. Plant Layout, New York 1951
- Simons, A.M.,
Dutton, H.P. Production Management, Chicago 1944
- Sombart, W. Der moderne Kapitalismus. Zweiter Band, Zweiter Halbband, Das europäische Wirtschaftsleben im Zeitalter des Frühkapitalismus, München und Leipzig 1928
- ders. Der moderne Kapitalismus. Dritter Band, Zweiter Halbband, Das Wirtschaftsleben im Zeitalter des Hochkapitalismus, München und Leipzig 1927
- Sonnenberg, H. Arbeitsvorbereitung und Kalkulation, Braunschweig 1966
- Stefan, K.H. Technik der Automation, Berlin 1960
- Struckmann, G. Die Arbeitszeitplanung in Industriebetrieben, Berlin 1960
- Sulfrian, A. Lehrbuch der chemisch-technischen Wirtschaftslehre, Stuttgart 1927
- Sulfrian, A.,
Pelzer, J. Betriebs- und gesamtwirtschaftliche Probleme der chemischen Produktion, Stuttgart 1938
- Tagwerker, H. Automation, soziale und wirtschaftliche Probleme, Berlin 1962
- Tegeder, F. Verfahren der Chemie-Industrie, Bd. 1 Braunschweig 1955
- Timms, H.L. The Production Function in Business, 2nd ed.; Illinois 1966
- Ulrich, H. Betriebswirtschaftliche Organisationslehre, Bern 1949
- Vershofen, W. Über das Verhältnis von technischer Vernunft und wirtschaftlicher Wertung - Ein Beitrag zum Problem des Fordismus, Bamberg 1925
- Voitl, W. Der innerbetriebliche Transport, Wien 1958
- Waffenschmidt, W. Technik und Wirtschaft, Wena 1928
- ders. Technik und Wirtschaft der Gegenwart, Berlin - Göttingen - Heidelberg 1952

- Wallichs, A. Fließarbeit und ihre Nutzbarmachung für die deutsche Betriebswirtschaft, Stuttgart 1927
- Weber, H. Die Planung in der Unternehmung, Berlin 1963
- Weblus, B. Produktionseigenarten der chemischen Industrie, ihr Einfluß auf Kalkulation und Programmgestaltung, Berlin 1958
- Wegeleben, F. Die Rationalisierung im deutschen Werkzeugmaschinenbau, Berlin 1924
- Weis, O. Die Automatisierung der industriellen Fertigung, Diss., Nürnberg, 1961
- Wernet, W. Handwerks- und Industriegeschichte, Stuttgart 1963
- Wöhe, G. Einführung in die Allgemeine Betriebswirtschaftslehre, 7. Aufl., Berlin und Frankfurt a.M. 1967
- Wollheim, G. Theorie der Technik Fords, München 1926
- Wrba, M. Industrielle Betriebswirtschaft und praktische Betriebsführung, München 1949
- Zacher, G. Der Einfluß der Rationalisierung der Fertigungsverfahren auf die Werkzeugmaschinen herstellende Unternehmung, Frankfurt a.M. 1965
- o.V. Fließarbeit, Beiträge zu ihrer Einführung, hrsg. im Auftrage des Ausschusses für wirtschaftliche Fertigung beim Reichskuratorium für Wirtschaftlichkeit von F. Mäckbach und O. Kienzle, Berlin 1926
- o.V. Fließfertigung in deutschen Maschinenfabriken, hrsg., vom Hauptausschuß Maschinen beim Reichsminister für Bewaffnung und Munition, Essen 1943
- o.V. Kostenrechnung in der chemischen Industrie, hrsg., vom Betriebswirtschaftlichen Ausschuß des Verbands der Chemischen Industrie e.V., Wiesbaden 1962
- o.V. Refa-Buch, Bd. 1, Arbeitsgestaltung, 4. Aufl., München 1954
- o.V. RKW Erfahrungen mit Fließarbeit, Teil I, Berlin 1928, Teil II Berlin 1931 (in einem Band)
- o.V. RKW Automatisierung, Stand und Auswirkungen in der Bundesrepublik Deutschland, München 1957

O.V. RKW Praktische Beispiele zur Automatisierung, München 1959

II. Beiträge in Sammelwerken

- Berger, K.H. Organisationstypen der Produktion, In: Industrielle Produktion, hrsg., von K. Agthe/ H. Blohm/ F. Schnaufer, Baden-Baden und Bad Homburg vor der Höhe 1967, S. 177 - 188
- Beste, Th. Fertigungsverfahren. In: HdB, Bd. I, 3. Aufl., Sp. 1764 - 1774
- ders. Fertigungswirtschaft und Beschaffungswesen. In: HdW, Bd. I, 2. Aufl., Köln und Opladen 1966, S. 15 - 275
- Dolezalek, C.M. Probleme der Automatisierung der industriellen Produktion, In: Arbeitsvorbereitung - Automatisierung - Elektronik, hrsg. von der Deutschen Gesellschaft für Betriebswirtschaft, Berlin 1956, S. 32 - 44
- ders. Automatisierung in der industriellen Fertigung. In: Hütte, Taschenbuch für Betriebsingenieure, Bd. III, 6. Aufl., Berlin - München 1965, S. 1066 - 1106
- Eitel, K. Anpassungsfähigkeit der Industriebetriebe im Bereich der Produktionsstruktur In: Erich Schäfer zum 65. Geburtstag, Festgabe aus dem "reis seiner Mitarbeiter, Nürnberg 1965, S. 47 - 76
- Ellinger, Th. Informationsfunktion des Produktes. In: Produktionstheorie und Produktionsplanung, Karl Hax zum 65. Geburtstag, Köln und Opladen 1966, S. 253 - 336
- Goebel, H. Die flexible Automatisierung als Fortentwicklung der Hochleistungsautomatisierung. In: Fertigungstechnik in Lehre, Forschung und Praxis, Festschrift zum 70. Geburtstag von H. Schallbroch, hrsg. von G. Spur, Freiburg i.Br. 1967, S. 122 - 128
- Gregor, H. Maßnahmen für den Fertigungsaufbau in Maschinenstraßen. In: Wirtschaftliche Fertigung und Forschung, hrsg. von H. Opitz, München 1949, S. 150 - 162
- Grochla, E. Automatisierung. In: HdSW, 12. Bd., S. 530 - 544

- Hake, A. Planung moderner Industrieanlagen. In: Betriebsleiter Handbuch, München 1963, S. 43 - 90
- Hammer, M. Europäische Automobilindustrie. In: Aspekte der Automation, hrsg. von H.W. Zimmermann, Basel - Tübingen 1960, S. 41 - 73
- Haschke, W. Mengen- und terminmäßige Baugruppen-De-
duktion im Bereich der Metallindustrie, In: Optimale Fertigungsplanung und -steuerung - Optimierungssysteme der elektronischen Datenverarbeitung, Mellingen - Baden (Schweiz) o.J., S. 44 - 79
- Hax, K. Industriebetrieb. In: HdSW, Bd. 5, S. 243 - 257
- Heber, H.,
Nowak, P. Betriebstyp und Abrechnungstechnik in der Industrie. In: Festschrift für Eugen Schmalenbach, Leipzig 1933, S. 141 - 172, S. 150 ff
- Hessland, D. Die Fertigungsverfahren in der Bekleidungsindustrie. In: Die Bekleidungsindustrie, hrdg. von E. Melzer, Darmstadt 1955, S. 143 - 154
- Hundt, W.,
Vieweg, K. Textilbleiche. In: Ullmanns Enzyklopädie der technischen Chemie, 3. Aufl., hrsg. von W. Foerst, 17. Bd., München - Berlin - Wien 1966, S. 75 - 192
- Isaac, A. Fließfertigung. In: HdB, Bd. II, 3. Aufl., Sp. 1971 - 1975
- Justen, B. Zweckmäßiger Materialfluß und Fertigungsplanung. In: Aktuelle Probleme der Betriebsorganisation, hrsg. von der Deutschen Gesellschaft für Betriebswirtschaft, Berlin 1955, S. 73 - 79
- Kalveram, W. Betriebstypische Untersuchungen. In: Beiträge zur Betriebswirtschaft, Heft 1 Wolfenbüttel 1948, S. 20 - 38
- Kettner, S. Automatisierung der mechanischen Fertigung. In: Handbuch der Automatisierungstechnik, hrsg. von R. Kretzmann, Berlin-Borsigwalde, S. 301 - 358
- Kienzle, O. Voraussetzungen für den Austauschbau in der Fließarbeit. In: Fließarbeit. Beiträge zu ihrer Einführung, hrsg. von F. Mäckbach und O. Kienzle, Berlin 1928, S. 70 - 81

- Kienzle, O. Begriffe für die Fließarbeit, In: Fließarbeit. Beiträge zu ihrer Einführung, hrsg. von F. Mäckbach und O. Kienzle, Berlin 1928, S. 25 - 28
- Kienzle, O.,
Le Vrang, W. Maschinen in der Fließarbeit. In: Fließarbeit. Beiträge zu ihrer Einführung, hrsg., von F. Mäckbach und O. Kienzle, Berlin 1928, S. 135 - 167
- Knebel, H.J. Erdölverarbeitende Industrie, In: Aspekte der Automation, hrsg. von H.W. Zimmermann, Basel - Tübingen 1960, S. 75 - 108
- Kölbel, H.,
Schulze, J. Probleme der Materialförderungen bei verschiedenen Produktionstypen in der chemischen Industrie. In: Materialfluß in der chemischen Industrie, Fachberichte Fördern und Heben, Bd. 14, Mainz 1967
- Köttgen, C. Das fließende Band. In: Die Bedeutung der Rationalisierung für das deutsche Wirtschaftsleben, Berlin 1928, S. 77 - 125
- Kohlitz, A. Vereinheitlichung durch Typenbeschränkung und Normung aus der Sicht des Praktikers. In: Beste, Th./Kohlitz, A. Grundlagen der Typenbeschränkung und Normung, Dortmund 1956, S. 33 - 66
- Krippendorff, H. Materialflußplanung. In: 1. Deutsches Materialfluß- und Transport-Handbuch, hrsg. von H. Krippendorff, München 1967, S. 5 - 77
- Krüger, G. Mechanisierung. In: HdSW, Bd. 7, S. 266 - 269
- Lacher, L. Materialfluß und innerbetrieblicher Transport. In: Betriebsleiter-Handbuch, München 1963, S. 91 - 259
- Lang, A. Fließfertigung im Drehbankbau nach eigenem System. In: Fließende Fertigung in deutschen Maschinenfabriken, hrsg. vom Hauptausschuß Maschinen beim Reichsminister für Bewaffung und Munition, Essen 1943, S. 153 - 171
- Latusch, W. Planung der Fertigungsorganisation, In: Unternehmensplanung, hrsg. von K. Agthe und E. Schnaufer, Baden-Baden 1963, S. 287 - 305
- Leitz, F.J. Chemische Industrie. In: HdB, Bd. IV, 3. Aufl., Sp. 6703 - 6720

- Lepsius, M. Elektrotechnische Industrie, In: Aspekte der Automation, hrsg. von H.W. Zimmermann, Basel - Tübingen 1960, S. 3 - 40
- Littmann, H.E. Kabelindustrie, In: HdB, II. Bd., 3. Aufl., Sp. 2915 - 2918
- Mäckbach, F. Was ist Fließarbeit? In: Fließarbeit. Beiträge zu ihrer Einführung, hrsg. von F. Mäckbach und O. Kienzle, Berlin 1928, S. 1 - 15
- Mallick, R. Förderwesen. In: Handbuch des Industrial Engineering, Bd. II, hrsg. von H.B. Maynard, Berlin - Köln - Frankfurt, o.J. S. 167 - 318
- Muther, R. Fabrikplanung, In: Handbuch des Industrial Engineering, hrsg. von H.B. Maynard, Bd. VII, Berlin - Köln - Frankfurt, o.J., S. 30 - 91
- ders. Fließende Fertigung, ebenda, S. 139 - 182
- Niebanck, R.J. Switch to continuous processing slices operating cost. In: Bittel, L.R./Melden, M.G./Rice, R.S.: Practical Automation-Methods for increasing plant productivity, New York - Toronto - London 1957, S. 152 - 155
- Nottebohm, C. Textiltechnik. In: Ullmanns Enzyklopädie der technischen Chemie, 3. Aufl., hrsg. von W. Foerst, 17. Bd., München - Berlin - Wien 1966, S. 222 - 299
- Opitz, H. Fertigungsverfahren als Elastizitätsfaktor. In: Dynamische Betriebsführung, Vorträge des 12. Deutschen Betriebswirtschaftler-Tages, Berlin 1959, S. 40 - 56
- Pechhold, E. Arbeitsablauf. In: HdB, Bd. I, 3. Aufl., Sp. 168 - 174
- Pentzlin, K. Fließarbeit. In: Hütte, Taschenbuch für Betriebsingenieure, Bd. II, 5. Aufl., Berlin 1957, S. 585 - 593
- Potthoff, E. Unternehmensorganisation. In: HdB, Bd. I, 2. Aufl., Köln und Opladen 1966, S. 45 - 80
- Riebel, P. Chemische Industrie. In: HdSW, Bd. 2, S. 492 - 505
- Riebel, P.,
Kusnierz-Glaz, R. Chemische Industrie. In: Aspekte der Automation, hrsg. von H.W. Zimmermann, Basel - Tübingen 1960, S. 109 - 134

- Schäfer, E. Dankrede anlässlich der Ehrenpromotion an der TU Berlin. In: Verleihung der Ehren doktorwürde der TU Berlin an die Herren Professor Dr. Schäfer und Wirtschaftsprüfer Rättsch, hrsg. vom Rektor und Senat der TU Berlin, ö.O., o.J. (Berlin 1959), S. 20 - 23
- ders. Das Exportkartell in betriebswirtschaftlich-absatzwirtschaftlicher Betrachtung. In: Eichler, H./Hoppmann, H./Schäfer, E.: Exportkartell und Wettbewerb, hrsg. von E. Schäfer, Köln und Opladen 1964, S. 3 - 74
- ders. Grundfragen der Betriebswirtschaftslehre. In: HdW, Bd. I, 2. Aufl., Köln und Opladen 1966, S. 11 - 42
- ders. Absatzwirtschaft. In: HdW, Bd. I, 2. Aufl., Köln und Opladen 1966, S. 279 - 339
- Schmalenbach, E. Neue Aufgaben der Betriebswirtschaftslehre. In: Betriebswirtschaftliche Beiträge, Bremen - Hamburg - Hannover 1948, S. 3 - 8
- Schmidt, J. Fließfertigung. In: Ökonomisches Lexikon, Bd. I, Berlin 1967 - S. 667 - 669
- Schmidt, K.H. Organisation und Grenzen der Arbeitszerlegung im fließenden Zusammenbau. In: Ausgewählte Arbeiten des Lehrstuhles für Betriebswissenschaften in Dresden, hrsg. von E. Sachsenberg, I. Bd. 1924, S. 81 - 179
- Schneider, D. Grundlagen einer finanzwirtschaftlichen Theorie der Produktion. In: Produktionstheorie und Produktionsplanung. Festschrift zum 65. Geburtstag von Karl Hax, Köln und Opladen 1966, S. 341 - 382
- Schröder, R. Möbelindustrie. In: HdSW, Bd. 7, S. 410 - 417
- Schulz-Mehrin, O. Selbstkostenberechnung bei der fließenden Fertigung. In: Fließarbeit. Beiträge zu ihrer Einführung, hrsg. von F. Mäckbach und O. Kienzle, Berlin 1928, S. 233 - 241
- Sieber, E.H. Forschungs- und Entwicklungskosten, insbesondere ihre Behandlung in Erfolgsrechnung und Kalkulation. In: Festgabe für Alexander Hoffmann, Darmstadt und Leipzig 1939, S. 1 - 32

- Sokol, G. Fließarbeit. In: Hütte, Taschenbuch für Betriebsingenieure, Bd. III, 6. Aufl., Berlin - München 1965, S. 978 - 1000
- Sombart, W. Die Konfektionsindustrie. In: Mollat, G: Volkswirtschaftliches Quellenbuch, 7. Aufl., Osterwieck 1926, S. 425 - 427
- Stelter, H. Maschinenindustrie. In: HdSW, Bd. 7, S. 206 - 219
- Stubenrecht, A. Stand der Automatisierung in den Vereinigten Staaten von Amerika. In: Arbeitsvorbereitung - Automatisierung - Elektronik, hrsg. von der Deutschen Gesellschaft für Betriebswirtschaft, Berlin 1956, S. 47 - 62

III. Aufsätze in Zeitschriften

- Beseler, K. Anlagen zum Herstellen von gewalzten Ringen. In: Werkstattstechnik, 57. Jg. (1967), S. 519 - 524
- Bloch, W. Methoden der Rationalisierung - Durchführungsverfahren. In: Industrielle Organisation, 35. Jg. (1966), S. 143 - 159
- Bosch, H.J.,
Roschmann, K. Automatisierung in der Fertigungstechnik - Wechselwirkungen zwischen Konstruktion und Fertigung. In: Werkstattstechnik, 55. Jg. (1965), S. 105 - 119
- Bronner, A. Rationalisierung - Mechanisierung - Automatisierung. In: Werkstattstechnik, 57. Jg. (1967), S. 513 - 518
- Büchel, A. Beziehungen zwischen Planung, Betriebsablauf, Transportwesen und Raumausnutzung. In: Industrielle Organisation, 30. Jg. (1961), S. 365 - 372
- Bücken, C. Das Fertigen von Drehteilen auf lose verketteten Maschinen. In: VDI-Zeitschrift, 104. Jg. (1962), S. 845 - 854
- Classen, K.,
Eifert, G. Automatisierung der Ammoniak-Synthese. In: Chemie-Ingenieur-Technik, 30. Jg. (1958), S. 689 - 692
- Clausen, H. Stetigförderer und Fließlager für Transport und Lagerung im Betrieb. In: Werkstattstechnik, 53. Jg. (1963), S. 230 - 233
- Costa, H. Automatisierung in der Glas- und keramischen Industrie. In: Silikattechnik, 7. Jg. (1956), S. 400 - 411

- Dill, P. Die organisatorischen Probleme und Möglichkeiten im Zusammenhang mit der Teilefamilienfertigung. In: Industrielle Organisation, 34. Jg. (1965), S. 282 - 292
- Dilli, W. Das Varion-System und die Rationalisierung in den Schaftabteilungen der Schuhindustrie. In: Das ABC der Schuhfabrikation, 44. Jg. (1950), S. 566 - 571
- Dolezalek, C.M. Automatisierung - Automation, Ein Beispiel zur Klärung der Begriffe. In: VDI-Zeitschrift, 98. Jg. (1956), S. 563 - 564
- ders. Grundlagen und Grenzen der Automatisierung. In: VDI-Zeitschrift, 98. Jg. (1956), S. 564 - 569
- ders. Meßgröße und Wirkungsablauf in der Fertigungstechnik. In: Werkstattstechnik, 50. Jg. (1960), S. 525 - 531
- ders. Quellen der Produktion. In: Werkstattstechnik, 50., Jg. (1960), S. 244 - 246
- Dolezalek, C.M., Ropohl, G. Ansätze zu einer produktionswissenschaftlichen Systematik der industriellen Fertigung. In: VDI-Zeitschrift, 109. Jg. (1967), S. 636 - 640, S. 715 - 721
- dieselben Die flexible Fertigungslinie und ihre Bedeutung für die Automatisierung der Serienfertigung. In: VDI-Zeitschrift, 108. Jg. (1966), S. 1261 - 1268
- Dolezalek, C.M., Müller-Lobeck, E. Zubringe- und Verkettungseinrichtungen in der Blechverarbeitung. In: Werkstattstechnik, 57. Jg. (1967), S. 64 - 68
- Domke, E. Die Zusammenfassung automatischer Elemente zu Fertigungssystemen. In: Werkstattstechnik, 57. Jg. (1967), S. 121 - 123
- Dürr, A. Sondermaschinen mit umlaufenden Werkzeugen im Baukastensystem. In: Werkstatt und Betrieb, 82. Jg. (1949), S. 265 - 279
- Dyckhoff, O. Probleme der Massenfertigung. In: VDI-Zeitschrift, 86. Jg. (1942) S. 587 - 590
- Eisfeld, C. Zur Lehre von der Gestaltung der Unternehmung. In: ZfhF N.F., 3. Jg. (1951), S. 289 - 320, 337 - 353
- Ellersiek, K. Planen von Transportwegen und Materialfluß. In: Chemische Industrie, 11. Jg. (1959), S. 318 - 320

- Erdlen, W. Die Bedeutung des Materialflusses in der Unternehmung. In: Werkstattstechnik, 56. Jg. (1966), S. 299 - 301
- Evers, H. Verfahrensplanung unter Berücksichtigung eines günstigen Materialflusses. In: Fördern und Heben, 10. Jg. (1960), S. 303 - 306
- Fackelmeyer, A. Die wirtschaftlichen Grundlagen der Automatisierung. In: Industrielle Automatisierung, 1. Jg. (1956), Heft 1, S. 11 - 13
- ders. Ersparnisse durch Materialfluß-Planung. In: Chemische Industrie, 12. Jg. (1960), S. 33 - 336
- ders. Neue Wege der Lagertechnik, In: Fördern und Heben. Sonderheft 1961, S. 212 - 219
- ders. Materialflußplanung und Fördertechnik, Beispiele moderner Entwicklungstendenzen. In: Zeitschrift für wirtschaftliche Fertigung, 62. Jg. (1967), S. 217 - 224
- Faehndrich, H. Betriebswirtschaftliche Zielsetzung der Automation. In: BFuP, 13. Jg. (1961), S. 702 - 713
- Faensen, H. Der Einzelauftrag in der Massenfertigung - Automatisch gesteuerte Wagenproduktion nach Kundenaufträgen bei Opel. In: Rationalisierung, 8. Jg. (1957), S. 212 - 216
- Fink, M. Entwicklungsrichtungen der Fördertechnik in der Chemie-Industrie im Vergleich zur Maschinenindustrie. In: Fördern und Heben, 8. Jg. (1958), S. 291 - 293
- Fischer, H. Versuch einer betriebswirtschaftlichen Systematik der Erzeugungssysteme. In: Der österreichische Betriebswirt, 18. Jg. (1968), S. 39 - 57
- Freitag, G. Aus der Rationalisierungspraxis einer Pumpen- und Armaturenfabrik. In: Rationalisierung, 5. Jg. (1954), S. 121 - 125
- Freund, K. Betriebsorganisatorische Fragen der automatisierten Fertigung. In: Zeitschrift für wirtschaftliche Fertigung, 58. Jg. (1963), S. 162 - 168
- Fuchs, W.,
Honrath, K. Rationelle Methoden in der Gemischtfertigung. In: Werkstattstechnik, 55. Jg. (1965), S. 167 - 171

- Georg, O. Über die Bedeutung von Grundeinheiten im Werkzeugmaschinenbau. In: Werkstattstechnik, 52. Jg. (1962), S. 235 - 241
- Goebel, H. Das Transportproblem bei selbsttätigen Maschinenfließreihen. In: Fördern und Heben, 2. Jg. (1952), S. 195 - 201
- ders. Transferstraßen-Wegbereiter der Automation. In: Der Maschinenmarkt, 61. Jg. (1955), S. 83 - 89
- ders. Die Entwicklungsstufen bis zur Automatisierung in der mechanischen Fertigung. In: Industrielle Automatisierung, 1. Jg. (1956), Heft 1, S. 5 - 10
- ders. Die Entwicklungsstufen bis zur Automatisierung in der mechanischen Fertigung. In: Industrielle Automatisierung, 1. Jg. (1956), Heft 1, S. 5 - 10
- ders. Transferstraßen für vollautomatischen Betrieb. In: Rationalisierung, 7. Jg. (1956), S. 186 - 190
- ders. Transferstraßen als Beispiel hochautomatisierter Fertigung in der Automobilindustrie. In: Industrielle Automatisierung, 2. Jg. (1957), Heft 1, S. 13 - 18
- ders. Einige grundsätzliche Überlegungen bei der Auslegung von selbsttätigen Maschinenfließreihen. In: Werkstattstechnik, 48. Jg. (1958), S. 145 - 152
- Grünig, H. Rationalisierung in der Praxis. In: Rationalisierung, 13. Jg. (1962), S. 88 - 93
- Hahn, R.,
Roschmann, K. Kurzfristige Terminierungsverfahren der Fertigungssteuerung bei Werkstattfertigung. In: Werkstattstechnik, 57. Jg. (1967), S. 179 - 186
- Hake, O.,
Wolff, H.H. Die Automatisierung in der mechanischen Fertigung. In: Industrielle Organisation, 1. Jg. (1956), Heft 2, S. 14 - 15
- Hanson, V. Automatisierungs-Möglichkeiten und -Grenzen in der chemischen Industrie. In: Industrielle Automatisierung, 2. Jg. (1957), Heft 4, S. 8 - 10
- Haussmann, U. Stücklisten-Aufbau, Baukastensystem und optimales Montageprogramm. In: Industrielle Organisation, 34. Jg. (1965), S. 353 - 363

- Hax, H. Die Gestaltung des Fertigungsprogramms unter Berücksichtigung produktionswirtschaftlicher und absatzwirtschaftlicher Faktoren. In: BFuP, 10. Jg. (1958), S. 498 - 517
- Heber, A. Die Abrechnung wechselnder Massenerzeugnisse in Rohstoff-, Halbfertig-, Fertig- und Teilerzeugnis-Betrieben. In: ZfhF, 31. Jg. (1937), S. 1 - 15, 57 - 88
- Henzel, F. Verlustquellen und ihre Bekämpfung. In: ZfB, 23. Jg. (1953), S. 628 - 638
- ders. Rationalisierung der Lagerhaltung in der Industrie. In: ZfhF N.F., 6. Jg. (1953), S. 211 - 224
- Hesse, A. Wirtschaftlicher Einsatz neuerzeitlicher Werkzeugmaschinen. In: Werkstatt und Betrieb, 92. Jg. (1959), S. 857 - 912
- Hessland, D. Fertigungsverfahren in der Näherei. In: Melland-Textilberichte, 36. Jg. (1955), S. 456 - 458
- Herrscher, W. Neue Fließfertigungsmethode in der Schaftabteilung der Schuhfabrikation. In: Das ABC der Schuhfabrikation, 31. Jg. (1937), S. 369 - 372
- Hildenbrand, H. Datenverarbeitung bei der Fließfertigung von Teilefamilien. In: Werkstattstechnik, 57. Jg. (1967), S. 114 - 120
- Hofer, H. Die organisatorischen Voraussetzungen eines rationellen Materialflusses. In: Industrielle Organisation, 23. Jg. (1954) S. 37 - 43
- Hundhausen, C. Innerbetriebliche Standortfragen. In: ZfhF, 2. Jg. (1926), S. 1 - 52
- Ilg, H. Die "Fertigungspalette", ein Schritt auf dem Weg zum flexiblen Fabrikbau. In: Werkstattstechnik, 52. Jg. (1962), S. 231 - 235
- Isaac, A. Alte und neue Produktionsmethoden. In: BFuP., 4. Jg. (1952), S. 688 - 702
- Jahn, G. Die Entstehung der Fabrik. In: Schmollers Jahrbuch für Gesetzgebung, Verwaltung und Volkswirtschaft, 69. Jg. (1949), 1. Halbband, S. 89 - 116, 2. Halbband, S. 65 - 100

- Jakeschky, W. Das Synchro-System als Fließfertigungs-
verfahren in der Bekleidungsindustrie.
In: Rationalisierung, 2. Jg. (1951), S.
158 - 159
- Jastrow, G., Die Typnormung der Baueinheiten im Werk-
zeugmaschinenbau. In: Werkstattstechnik,
53. Jg. (1963), S. 263 - 268
- Jehle, R. Die organisatorischen Probleme der
Zwangslauffertigung. In: Die Brauerei,
10., Jg. (1956), S. 34 - 35
- John, E. Rationalisierungsbeispiele aus der Zähler-
fertigung der Siemens-Schuckertwerke
Nürnberg, In: Rationalisierung, 9. Jg.
(1958), S. 61 - 68
- Kettner, H. Einige Probleme des Zusammenhangs zwi-
schen Fertigungsfluß und Fabrikanlagen.
In: Werkstattstechnik, 55. Jg. (1965),
S. 209 - 214
- Kettner, S. Automatisierung in der Fertigung. In:
VDI-Zeitschrift, 98. Jg. (1956), S.
571 - 576
- ders. Verkettung von Fertigungseinrichtungen
- Begriffe, Kennzeichen, Anforderungen.
In: Werkstattstechnik, 49. Jg. (1959),
S. 126 - 128
- Kienzle, O. Schritte zur Automatisierung in der Um-
formtechnik. In: Werkstattstechnik und
Maschinenbau, 47. Jg. (1957), S. 393 -
402
- Kirschner, E. Teilefamilien-Fertigung, eine Organisa-
tionsform zur Erleichterung der Ferti-
gung kleiner Stückzahlen. In: Werkstattstechnik,
55. Jg. (1965), S. 533 - 541
- Klinger, K. Zur betriebswirtschaftlichen Klärung des
Begriffs der industriellen Kapazität.
In: BFuP, 1. Jg. (1949), S. 46 - 60
- Knoblich, H. Die Typologie der Waren als Kernstück
einer wirtschaftlichen Warenlehre. In:
ZfbF N.F., 17. Jg. (1965), S. 686 - 712
- Knott, G. Normung und Typenbeschränkung als Grund-
lage der Rationalisierung und Automati-
sierung. In: Werkstattstechnik, 52. Jg.
(1962), S. 111 - 114
- Koch, H. Fördertechnische Verkettung von Fließ-
bandanlagen. In: Fördern und Heben, 10.
Jg. (1960), S. 786 - 794

- Kölbel, H.,
Schulze, J. Schwerpunkte in der Entwicklung der modernen chemischen Technologie. In: Kautschuk und Gummi, Kunststoffe. 17. Jg. (1964), S. 237 - 248
- dieselben Der Materialfluß in verfahrenstechnischen Betrieben. In: Fördern und Heben, 14. Jg. (1964), S. 799 - 809
- dieselben Die Abgrenzung chemischer Produktionstypen nach Leistungsprogramm, Fertigungsorganisation und Prozeßführung. In: Industrielle Organisation, 34. Jg. (1965, S. 149 - 162
- dieselben Wirtschaftlichkeitsstudien zur Rationalisierung verfahrenstechnischer Produktionsanlagen. In: ZfbF N.F., 17. Jg. (1965), S. 11 - 26
- dieselben Zur Systematik der Wirtschaftlichkeitskontrolle unter besonderer Berücksichtigung der Verfahrensindustrie. In: Erdöl und Kohle, Erdgas und Petrochemie, 19. Jg. (1966), S. 663 - 670
- Kohlitz, A. Verschiedene Arten des Materialflusses. in: Fördern und Heben. Sonderausgabe 1961, S. 75 - 78
- Kopp, H. Fertigungsgerechte Konstruktion von Rundfunkgeräten. In: Werkstattstechnik, 51. Jg. (1961), S. 289 - 295
- Kosiol, E.,
Szyperski, N.,
Chmielewicz, K. Zum Standort der Systemforschung im Rahmen der Wirtschaftswissenschaften. In: ZfbF N.F., 17. Jg. (1965), S. 337 - 378
- Küstener, H. Stetigförderer und Arbeitsgruppen zur Beschleunigung des Teileumlaufs in der Einzelfertigung. In: Werkstattstechnik, 53. Jg. (1963), S. 226 - 229
- Kunz, R. Materialfluß und Transportkosten im Industriebetrieb. In: Der Industriemeister, 16. Jg. (1967), S. 5 - 7
- Lambertz, R. Entwicklungslinien im Werkzeugmaschinenbau. In: VDI-Zeitschrift, 91. Jg. (1949), S. 73 - 81
- Lauke, H. Für und Wider die Fließarbeit. In: Refa-Nachrichten, 9. Jg. (1956), S. 41 - 46
- ders. Fließarbeit ohne Leistungsabstimmung? In: Refa-Nachrichten, 10. Jg. (1957), S. 7 - 10

- Lauke, H. Betriebliche Arbeitsflußgestaltung - ein Weg zur Senkung der Fertigungskosten. In: Werkstattstechnik, 52. Jg. (1962), S. 187 - 189
- Lehmann, M.R. Zur Systematik der Industriebetriebslehre. In: ZfB, 2. Jg. (1925), S. 250 - 260
- Lohmann, M. Die wirtschaftlichen und sozialen Wirkungen der Automatisierung. In: Weltwirtschaftliches Archiv, Bd. 82 (1959), S. 1 - 34
- Männel, W. Die Entstehung von Zwischenlagerungen in Industriebetrieben. In: Industrielle Organisation, 34. Jg. (1965), S. 7 - 34
- Marquis, A. Das hierarchische System in der industriellen Automation. In: Industrielle Organisation, 35. Jg. (1966), S. 283 - 287
- Marx, H.J.,
Stute, G. Automatisierung - die heutige Form der Rationalisierung im Industriebetrieb. In: VDI-Zeitschrift, 109. Jg. (1967), S. 1259 - 1266
- Matthee, G. Maschinen-Fließreihen. In: Werkstattstechnik, 46. Jg. (1956), S. 233 - 243
- ders. Der Entwicklungsstand der Aufbau-Maschinen. In: Werkstattstechnik, 51. Jg. (1961), S. 559 - 569
- ders. Beschleunigung des Fertigungsflusses im Werkzeugmaschinenbau. In: Werkstattstechnik, 52. Jg. (1962), S. 462 - 472
- Nauck, K. Automatische Schweißung von Fahrzeugmaschinen. In: Automatisierung, 12. Jg. (1967), Heft 2, S. 13 - 15
- Notter, E. Wege zur automatisierten Produktion mit Transferstraßen. In: Werkstatt und Betrieb, 89. Jg. (1956), S. 109 - 113
- Nowak, P. Bestimmung der Betriebsindividualität mit Hilfe von Betriebsgliederungen. In: ZfhF N.F., 6. Jg. (1954), S. 484 - 499
- Oeckl, O. Das leidige Problem der Typenvielfalt in der mechanischen Bearbeitung - Erfahrungen mit "kombinierten Fertigungsstraßen". In: Werkstattstechnik, 53. Jg. (1963), S. 693 - 698
- Opitz, H. Die Grundideen der Teilefamilienfertigung. In: Industrielle Organisation, 34. Jg. (1965), S. 270 - 281

- Opitz, H. Teilefamilienfertigung. In: Zeitschrift für wirtschaftliche Fertigung, 62. Jg. (1967), S. 101 - 111
- Pfeiffer, W. Integrale Qualität bei hochautomatisierten Fertigungsanlagen. In: ZfB, 35. Jg. (1965), S. 109 - 124
- Pfäggert, R. Komplexfertigung - Voraussetzung der modernen Fertigung in Betrieben der Einzel- und Kleinserienfertigung. In: Der Maschinenbau, 6. Jg. (1957), S. 253 - 256
- Pieritz, G. Rationalisierung in der Radschlepperfertigung. In: Rationalisierung, 8. Jg. (1957), S. 149 - 152
- Pietsch, M. Die Auswirkungen der "Automation" auf den Produktionsprozeß. In: ZfhF N.F., 8. Jg. (1956), S. 449 - 458
- Plum, G. Fließarbeitstagung (Bericht). In: ZfB, 3. Jg. (1926), S. 878 - 883
- Pötschke, H. Die Weiterentwicklung der Einzweck-Sondermaschine. In: Werkstattstechnik, 49. Jg. (1959), S. 79 - 86
- Priestl, F. Arbeitsplanung bei Serien- und Massenfertigung. In: Werkstatt und Betrieb, 81. Jg. (1948), S. 205 - 210
- Rall, G. Erste vollautomatische Transferstraße in der Textilindustrie. In: Rationalisierung, 13. Jg. (1962), S. 107 - 109
- Riebel, P. Mechanisch-technologische und chemisch-technologische Industrien in ihren betriebswirtschaftlichen Eigenarten. In: ZfhF N.F., 6. Jg. (1954), S. 413 - 435
- ders. Kosten- und Ertragsverläufe bei Prozessen mit verweilzeitabhängiger Ausbeute. In: ZfhF N.F., 9. Jg. (1957), S. 217 - 248
- ders. Typen der Markt- und Kundenproduktion in der Produktions- und absatzwirtschaftlicher Sicht. In: ZfhF N.F., 17. Jg. (1965), S. 663 - 685
- Riedelbauch, H. Partie- und Chargenfertigung in betriebswirtschaftlicher Sicht. In: ZfhF N.F., 9. Jg. (1957), S. 532 - 553
- Riege, W. Stetigförderer in Betrieben mit Einzel- und kleiner Reihenfertigung. In: Werkstattstechnik, 49. Jg. (1959), S. 276 - 282

- Riege, W. Materialfluß in der Einzelfertigung. In: Zeitschrift für wirtschaftliche Fertigung, 55. Jg. (1960), S. 49 - 55
- Rockstroh, O. Materialfluß. In: Zeitschrift für wirtschaftliche Fertigung, 57. Jg. (1962), S. 191 - 193
- Roeper, H. Dezentralisierte Produktion. In: BFuP, 2. Jg. (1950), S. 528 - 556
- Rohmert, W. Kybernetische Aspekte der Arbeitswissenschaft bei zunehmender Automatisierung. In: VDI-Zeitschrift, 109. Jg. (1967), S. 1283 - 1290
- Schäfer, E. Die Massenfertigung und ihre absatzwirtschaftlichen Voraussetzungen. In: VDI-Zeitschrift, 100. Jg. (1958), S. 670 - 675
- ders. Produktionswirtschaft und Absatzwirtschaft. In: ZfhF N.F., 15. Jg. (1963), S. 537 - 548
- Schall, E. Ein Jahrhundert Chemische Industrie. In: Ö1, 3. Jg. (1965), S. 34 - 41
- Schauffler, E. Erfahrungen im Bau von Sondermaschinen. In: Werkstattstechnik, 52. Jg. (1962), S. 121 - 126
- Schmalenbach, E. Die Betriebswirtschaft an der Schwelle der neuen Wirtschaftsverfassung, In: ZfhF, 22. Jg. (1928), S. 241 - 251
- Schmidt, E. Die Bedeutung des Flußprinzips in der rationellen Produktion. In: Industrielle Organisation, 19. Jg. (1950), S. 159 - 162
- ders. Die Bedeutung von Arbeitsablauf und Materialfluß für Betrieb und Wirtschaft. In: Industrielle Organisation, 23. Jg. (1954), S. 29 - 36
- Schulze, G. Selbsttätiger Zusammenbau am Beispiel der Glühlampenfertigung. In: Werkstattstechnik, 48. Jg. (1958), S. 77 - 78
- Schwab, R. Fertigungsweisen in der Bekleidungsindustrie. In: Bekleidung und Wäsche, 6. Jg. (1954), S. 1 - 5, 49 - 50
- Spiesecke, H. Automatisierung beim Zusammenfügen elektronischer Geräte. In: Werkstattstechnik, 48. Jg. (1958), S. 78 - 81

- Spizig, S. Vollselbsttätige Schleifmaschinen in Maschinen-Fließreihen. In: Werkstatt und Betrieb, 89. Jg. (1956), S. 192 - 194
- Steeger, A. Betrachtungen zur Automatisierung in der Fertigung. In: Refa-Nachrichten, 9. Jg. (1956), S. 125 - 127
- ders. Wesen der Automatisierung in der Fertigungstechnik. In: Umschau in Wissenschaft und Technik, 57. Jg. (1957), S. 143 - 145
- Stein, H. Abteilungsweise Fertigung oder Fließarbeit? Grenzen ihrer Wirtschaftlichkeit. In: Werkstattstechnik und Werksleiter, 31. Jg. (1937), S. 8 - 11
- Sterlin, W. Einsatz von Kreisförderern in wirtschaftlicher Sicht. In: Lagerbauhaltungorganisation, Zeitschrift für das moderne Lagerwesen, 3. Jg. (1967), Heft 4, S. 8 - 11
- Stotz, G. Das Synchro-System - das organische Mehrleistungssystem als Fließfertigungsverfahren in der Bekleidungsindustrie. In: Schuhtechnik, 45. Jg. (1952), S. 105 - 108
- Teschner, H. Materialfluß und Fördersystem einer Rundfunkfertigung. In: Werkstattstechnik, 55. Jg. (1965), S. 215 - 217
- Traub, K. Die Abweichungsanalyse in Betrieben der Gießereiindustrie. In: ZfB, 35. Jg. (1965), S. 280 - 301
- Tully, H.,
Rosscl, A. Der Fertigungsfluß als Grundlage der Werksplanung einer Werkzeugmaschinenfabrik. In: Werkstatt und Betrieb, 97. Jg. (1964), S. 5 - 11
- Vitoux, H. Beispiele von Einrichtungen zur Fertigung mittlerer Stückzahlen. In: Werkstattstechnik, 50. Jg. (1960), S. 146 - 149
- Vormbaum, H. Fixe Kosten und Elastizitätsstreben. In: ZfB, 29. Jg. (1959), S. 193 - 205
- Weber, H. Die Marktformenlehre in betriebswirtschaftlicher Sicht. In: ZfbF N.F. 17. Jg. (1965), S. 713 - 731
- Wegemüller, H. Entwicklungen im Werkzeugmaschinenbau. In: Industrielle Organisation, 35. Jg. (1966), S. 387 - 402

- Weidauer, R. Begriffsbestimmungen der Arten und Formen der Fließfertigung. In: Fertigungstechnik, 8. Jg. (1958), S. 485 - 490
- Weide, E. Ähnliche Teile in der Fertigung. In: Zeitschrift für wirtschaftliche Fertigung, 60. Jg. (1965), S. 39 - 44
- Winkler, O. Die Automatisierung in der chemischen Industrie. In: Chemie-Ingenieur-Technik, 30. Jg. (1958), S. 1 - 7
- Wolter, A.M. Das Problem der Wirtschaftlichkeit bei der industriellen Sortenfertigung. In: ZfhF, 31. Jg. (1937), S. 331 - 356, 374 - 402, 426 - 442
- o.V. Automatische Fertigung von Wälzlagern im Wälzlagerwerk Steyr. In: Technica, 15. Jg. (1966), S. 301 - 306

Der Arbeit liegen Besichtigungen bei folgenden Industriebetrieben zugrunde:

AEG, Nürnberg, (Haushaltsgerätefabrik)
Alcan Aluminiumwerke GmbH, Nürnberg (Aluminiumgießerei)
Bayerische Milchversorgung GmbH, Nürnberg
Bekleidungswerke Schickedanz, Würth
Martin Brinkmann AG, Bremen (Zigarettenfabrik)
Cadbury Fry GmbH (Schokoladenfabrik)
La Cellulose du Rhone, Tarascon (Frankreich)
Deutsche Tafelglas AG, Weiden
Diehl, Nürnberg (Büromaschinenfabrik)
Eisenwerk Nürnberg AG, Nürnberg (Walzwerk, Schraubenfabrik)
Erba Aktiengesellschaft für Textilindustrie, Erlangen
FAG Kugelfischer Georg Schäfer & Co., Schweinfurt (Kugellagerfabrik)
Folienwerk Forchheim GmbH, Forchheim
Gesellschaft für Linde's Eismaschinen AG, Nürnberg (Sauerstoffwerk)
Kabelmetall AG, Nürnberg
J.G. Kayser GmbH, Nürnberg (Maschinenfabrik)
Klein, Schanzlin & Becker, Pegnitz (Armaturenbau)
Klöckner Werke AG, Bremen (Hüttenwerk)
Louis Knigge, Bremen (Lederwarenfabrik)
Karl Könicke, Bremen (Fleischwarenfabrik)
Lederer-Bräu AG, Nürnberg
Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg AG, Nürnberg
Mechanische Baumwoll-Spinnerei und Weberei, Bayreuth
Medicus Schuhfabrik GmbH, Nürnberg
Mobil Oil AG, Bremen (Erdölraffinerie)
Georg Müller Kugellagerfabrik KG, Nürnberg
Norddeutsche Steingutwerke AG, Bremen (Wandfliesenfabrik)
Noris Weinbrennereien, GmbH, Nürnberg
Nürnberger Maschinen- und Apparatewerk, Nürnberg
Panhorst & Co., Bremen (Polstermöbelfabrik)
Pauer & Co., Bremen (Trinkhalmfabrik)
G.A. Pfeleiderer, Neumarkt (Sägewerk)
Reis- und Handels Werke AG, Bremen (Reismühle)
Roha-Werk, Bremen (Arzneimittelfabrik)

Sebald Zement, Hartmannshof (Zementwerk)
Sandoz AG, Nürnberg (Arzneimittelfabrik)
Schreyer & Co., Nürnberg, (Spielwarenfabrik)
Südchemie AG, Kelheim (Schwefelsäurewerk)
Süddeutsche Chemiefaser AG, Kelheim
Süddeutsche Zucker Werke AG, Regensburg
Thomas Porzellanfabrik, Werk Neusorg
Toschi GmbH & Co., KG, Bremen (Asbestzementwerk)
Martin Vaupel KG, Bremen (Büromöbelfabrik)
Vereinigte Deutsche Metallwerke AG, Nürnberg
Vereinigte Farben- und Lackfabriken, Nürnberg
Vereinigte Kunstmühlen AG, Rosenheim (Getreidemühle)
Vereinigte Margarinewerke, Nürnberg
Well Wirkerei Auerswald & Goetze, Nürnberg (Wirkwarenfabrik)
Hermann Widerhold, Nürnberg (Lackfabrik)
Wilkins & Söhne, Bremen (Besteckfabrik)

Außerdem konnten Auskünfte von folgenden Industriefirmen
verwendet werden:

Deutsche Linoleum-Werke AG, Bietigheim
Haberlandt & Müller, Nürnberg (Betonmischwerk)
Lederwerke Kromwell, Nürnberg
Pflüger & Co., Nürnberg (Briefumschlagfabrik)
A. Radeck, Treuchtlingen (Fabrik für Textilhilfsmittel)
Spinnerei und Webereien Zell-Schönau AG, Zell

L e b e n s l a u f =====

Am 18. März 1940 wurde ich als Sohn der Eheleute Georg und Marie Reiners in Stuttgart geboren.

Von 1946 bis 1950 besuchte ich die Volksschule in Oldenburg, trat dann in die Volksschule in Bremen ein und war ab 1952 auf dem Gymnasium in Bremen, wo ich 1959 die Reifeprüfung ablegte.

Am 1. April 1959 trat ich bei der Firma C. Melchers & Co. in Bremen in eine kaufmännische Lehre ein. Nach zweijähriger Lehrzeit legte ich die Kaufmannsgehilfen-Prüfung ab.

Im Sommersemester 1961 begann ich das Studium der Betriebswirtschaftslehre an der Universität Hamburg und studierte dort 3 Semester. Anschließend setzte ich das Studium an der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg in Nürnberg fort und bestand im Herbst 1965 die Prüfung für Diplom-Kaufleute.

Seit dem 1. Mai 1965 bin ich als wissenschaftliche Hilfskraft am Lehrstuhl von Professor Dr. Dr. h.c. Erich Schäfer an der Wirtschafts- und Sozialwissenschaftlichen Fakultät der Universität Erlangen-Nürnberg tätig.

Offsetdruck-Fotodruck

J. Hogl, 8520 Erlangen Hauptstr. 109, (Nähe Martin-Luther-Platz) Tel. 22990
